

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์



RCH
TX
589
ก ๖๙๔ ก

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 83889
วัน,เดือน,ปี 19 ก.ย. 2551

คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปี 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีคำค้นไปใช้

1๙๘๔๖๒๖
i

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ.....	I
สารบัญ.....	II
สารบัญตาราง.....	IV
สารบัญรูป.....	V
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	1
1.3 ขอบเขตการวิจัย.....	1
บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	2
2.1 ทฤษฎี.....	2
2.1.1 ส่วนประกอบที่ใช้ทำเทียนอบ.....	2
2.1.1.1 ขี้ผึ้ง.....	2
2.1.1.2 มะกรูด.....	3
2.1.1.3 กายาน.....	3
2.1.1.4 ไม้จันทน์หอม.....	4
2.2 สารให้กลิ่นในอาหารที่เกิดตามธรรมชาติจากพืช.....	4
2.3 การเปลี่ยนแปลงของสารให้กลิ่นรส.....	5
2.3.1 ปฏิกิริยาหลักที่ทำให้สารให้กลิ่นรสเปลี่ยนแปลง.....	6
2.3.2 ปัจจัยที่ทำให้สารให้กลิ่นรสเกิดการเปลี่ยนแปลง.....	8
2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อองค์ประกอบของกลิ่นควินเหลว.....	8
2.4.1. อุณหภูมิ.....	8
2.4.2. อากาศ.....	9
2.4.3. ความชื้น.....	9
2.4.4. ตัวทำละลาย.....	9
2.4.5. การเก็บ.....	9
2.5 การวิเคราะห์สารให้กลิ่นด้วย Gas Chromatography-Olfactometry.....	10
2.6 การวิเคราะห์สารให้กลิ่นที่สำคัญโดยใช้วิธี Aroma Extract Dilution Analysis.....	11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.6.1 ประโยชน์ของวิธี AEDA.....	13
2.6.2 ข้อจำกัดของวิธี AEDA.....	13
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการวิจัย.....	15
3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย.....	15
3.1.1 เครื่องมือ.....	15
3.1.2 วัสดุดิบ.....	15
3.1.3 สารเคมี.....	15
3.2 วิธีการทดลอง.....	16
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	18
4.1 ศึกษาตัวทำลายที่เหมาะสม.....	18
4.1.1 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของสารหอมระเหยด้วย Gas Chromatography Mass Spectrometer (GC).....	18
4.1.2 สารให้กลิ่นหลักในควันเทียนอบด้วย Gas Chromatography-Olfactory.....	20
4.2 ศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมต่อการผลิตควันเหลวจากเทียนอบ.....	21
4.2.1 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี.....	21
4.2.2 ศึกษาสารให้กลิ่นหลักในควันเหลว.....	28
4.3 ปริมาณควันเหลวที่เหมาะสมในขนมกลีบลำดวน.....	31
4.4 ศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาควันเหลว.....	32
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....	38
บรรณานุกรม.....	39
ภาคผนวก ก.....	44
ภาคผนวก ข.....	46

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.1	องค์ประกอบทางเคมีของควันทึยอบใน โพรไพลีนไกลคอล กลีเซอรอล และน้ำ...	18
4.2	สารให้กลิ่นสำคัญในควันทึยอบ.....	20
4.3	องค์ประกอบเคมีของกลิ่นควันทึยอบจากการให้ความร้อนแก่ส่วนผสมที่ใช้ผลิต ทึยอบโดยตรงที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ.....	22
4.4	องค์ประกอบเคมีที่ให้กลิ่นหลักในควันทึยอบจากการให้ความร้อนแก่ ส่วนผสมที่ใช้ทึยอบที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ.....	29
4.5	คะแนนความแตกต่างกลิ่นทึยอบในขนมกลีบลำดวนเมื่อใช้ควันทึยอบ เปรียบเทียบกับกรอบทึยอบแบบดั้งเดิม.....	32
4.6	การเปลี่ยนแปลงของสารให้กลิ่นของกลิ่นควันทึยอบระหว่างการเก็บที่ อุณหภูมิ 5 10 และ 30 °ซ เป็นเวลา 3 เดือน.....	33
4.7	คะแนนความแตกต่างของกลิ่นควันทึยอบที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 10 และ 30 °ซ. เป็นเวลา 3 เดือน เปรียบเทียบกับกลิ่นควันทึยอบที่ تازه.....	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	การเกิดสารประกอบอัลเคน อัลคีน อัลดีไฮด์และคีโตนโดยปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของไมลิลัล ปาล์มมีเตท (Myricyl palmitate).....	7



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ในการผลิตขนมไทย สิ่งที่สำคัญประการหนึ่งคือกลิ่นหอม ดังนั้นขนมไทยจะมีรสชาติดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับกลิ่นด้วย การปรุงแต่งกลิ่นของขนมไทยแต่โบราณจะใช้กลิ่นจากธรรมชาติโดยใช้กลิ่นที่ได้จากส่วนต่าง ๆ ของพืช รวมทั้งการอบด้วยควันเทียน ต่อมาเพื่อความสะดวกจึงมีการใช้กลิ่นสังเคราะห์ เช่น กลิ่นมะลิ กลิ่นนมแมว กลิ่นใบเตยในขนมไทย เทียนอบเป็นเครื่องหอมไทยที่มีมาแต่โบราณและสืบทอดมาจนถึงปัจจุบัน ทำขึ้นเพื่อใช้อบขนม อบบุหงา อบน้ำอบ และอบเครื่องใช้ต่าง ๆ ที่ต้องการให้มีกลิ่นหอม เทียนอบประกอบด้วยเครื่องหอมหลาย ๆ ชนิดผสมรวมกันขึ้น เวลาใช้จะจุดไฟลูกทั้งสองด้าน วางในภาชนะ เช่น ถ้วย แล้วนำไปใส่ภาชนะที่มีของที่ต้องการอบ ปิดฝา ไฟจะดับ และมีควันอบอรอลอยอยู่ในภาชนะ การอบขนมแต่ละครั้งจะใช้เวลาประมาณ 6-12 ชั่วโมง ทำให้ไม่สะดวกและมีผลต่ออายุการเก็บของขนม และขนมที่อบด้วยควันเทียนนั้นอาจมีเขม่าติดอยู่ที่ผิวหน้าของขนมอีกด้วย ประกอบกับในปัจจุบันมีการผลิตแป้งขนมไทยในรูปแบบผงขึ้น แต่แป้งสำเร็จรูปที่ผลิตได้นี้ยังขาดกลิ่นเทียนอบซึ่งเป็นเอกลักษณ์ของขนมไทย ดังนั้นการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของควันเทียนเพื่อทำให้อยู่ในรูปของของเหลวที่สามารถเติมลงไป ในขนมไทยได้เลยเช่นเดียวกับการใช้กลิ่นสังเคราะห์ ทำให้ไม่ต้องเสียเวลาในการอบเทียน ซึ่งจะ เป็นประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมการทำขนมไทยต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 ศึกษาชนิดของตัวทำละลาย อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมต่อการผลิตกลิ่นเทียนอบ
- 1.2.2 ศึกษาสารให้กลิ่นหลักในควันเทียนอบ
- 1.2.4 ศึกษาการใช้ควันเทียนเหลวในขนมกลีบลำดวน
- 1.2.5 ศึกษาอายุการเก็บควันเทียนเหลว

1.3 ขอบเขตการวิจัย

เป็นการทดลองศึกษาการผลิตกลิ่นควันเทียนในรูปควันเหลวเพื่อใช้แต่งกลิ่นรสขนมไทย โดยทำการทดลองระดับห้องปฏิบัติการและทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำมาใช้ระดับอุตสาหกรรม

บทที่ 2

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1. เทียนอบ

ส่วนประกอบหลักที่ใช้ทำเทียนอบโดยส่วนใหญ่ประกอบด้วยขี้ผึ้งแท้เป็นหลัก และมีไม้จันทน์หอม ผิวมะกรูด และกำยานเป็นส่วนผสมเพื่อเพิ่มความหอมให้แก่กลิ่นควันเทียน ในบางท้องถิ่นใช้ดอกกระดังงาแห้ง พิมเสน เพิ่มความหอมให้แก่ควันเทียนอบด้วย โดยมีวิธีการปั้นเทียนดังนี้ นำขี้ผึ้งผ่านหนาประมาณ 1 เซนติเมตร วางเรียงใส่ถาด ก่อไฟในกระทะ ตั้งบนเหล็กสามขา เอาขี้ผึ้งที่ผ่านวางในถาดบนม้านั่ง และสอดไม้ได้กระทะ พอให้ถูกความร้อน นำขี้ผึ้งที่อ่อนตัวมาแผ่ ออก นำส่วนผสมอื่น ๆ วางไว้ตรงกลางนวดให้เข้ากัน นำไปไว้ได้เหล็กสามขา เพื่อให้ร้อนและอ่อนตัวได้ง่าย ขี้ผึ้งที่นวดจนเครื่องปรุงเข้ากันดีแล้วมาแผ่ออก ใส่ใส่เทียนตรงกลาง เริ่มปั้นเทียนโดยใช้มือทั้งสองข้างคลึงจากกึ่งกลาง ให้เทียนแผ่ไปคลุมไส้เทียนจนมิดเมื่อปั้นเทียนเสร็จแล้วใช้มีดตัดปลายของเทียนออกเพื่อให้ไส้เทียนโผล่ทั้งสองด้านประมาณ 1 เซนติเมตร เวลาใช้จุดที่ปลายทั้งสองข้างให้ไฟลุกสักครู่ ดับเทียนวางในถ้วยใส่ลงในขวดโหลที่บรรจุอาหารไว้สำหรับอบ ปิดฝาให้แน่นทิ้งไว้ประมาณ 6-12 ชั่วโมง (คันสนีย์, 2546)

2.1.1 ส่วนประกอบที่ใช้ทำเทียนอบ

2.1.1.1 ขี้ผึ้ง

ขี้ผึ้งคือไขมันในสถานะของแข็ง เกิดขึ้นจากการผสมของสารประกอบหลายชนิด ได้แก่ไฮโดรคาร์บอนร้อยละ 14 โมโนเอสเทอร์ร้อยละ 35 ไดเอสเทอร์ร้อยละ 14 ไตรเอสเทอร์ร้อยละ 3 ไฮดรอกซีโพลีเอสเทอร์ร้อยละ 8 เอสเทอร์ของกรดร้อยละ 1 กรดอิสระร้อยละ 12 แอลกอฮอล์อิสระร้อยละ 1 รวมถึงสารที่ไม่สามารถระบุได้อีกร้อยละ 6 สีของขี้ผึ้งมีตั้งแต่สีเหลืองอ่อนไล่ไปจนถึงสีเหลืองแกมน้ำตาล ขึ้นอยู่กับความบริสุทธิ์ของขี้ผึ้ง ขี้ผึ้งจากรวงเพาะเลี้ยงในรังผึ้งจะมีสีเข้มกว่าขี้ผึ้งจากรวงน้ำผึ้ง ขี้ผึ้งเป็นสารที่มีจุดหลอมเหลวสูง โดยอยู่ระหว่าง 62-64°C. ขี้ผึ้งไม่มีจุดเดือด แต่จะกักเก็บความร้อนต่อไปจนลุกเป็นไฟเมื่ออุณหภูมิประมาณ 120°C. และขี้ผึ้งจะเริ่มหลอมละลายเมื่อได้รับความร้อนจนถึงอุณหภูมิ 85°C. ความหนาแน่นสัมพัทธ์ที่อุณหภูมิ 15°C. คือตั้งแต่ 0.958-0.970 กรัม/ซม³ สารที่ระเหยได้ทั้งหมดไม่เกินร้อยละ 0.5 ค่ากรด 5-24 ค่าไอโอดีนไม่เกิน 10 ค่าเอสเทอร์ 70-95 ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายเล็กน้อยในแอลกอฮอล์ที่เย็น และละลายได้ดีในตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว เช่น คลอโรฟอร์ม อีเธอร์ เบนซีน และคาร์บอนไดซัลไฟด์ที่อุณหภูมิ 30°C. (Tulloch., 1980) ขี้ผึ้งใช้ประโยชน์ในการผลิตเทียนคุณภาพดี เครื่องสำอาง รวมถึงวัสดุและสารขัดเงา (มักจะเป็นยาขัดรองเท้า) และเป็นส่วนประกอบในการประดิษฐ์หุ่นขี้ผึ้ง รวมถึงผลิตภัณฑ์อื่น ขี้ผึ้งเมื่อนำมาใช้ผลิตเป็นเทียนจะไม่เกิดน้ำตาเทียนและมีควันน้อยกว่ารูปหรือเทียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ธรรมชาติมาก เมื่อทำการวิจัยหาสารกลุ่มต่าง ๆ ในขี้ผึ้งโดยใช้เมทานอลในการสกัดสารจากขี้ผึ้งและตรวจสอบสารที่สกัดได้โดยวิธี Tin Layer Chromatography (TLC) โดยใช้ เบนซีน:เมทานอล:เอทานอล ในอัตราส่วน 11:2:12 เป็นสารตัวพา (mobile phase) พบว่าในขี้ผึ้งประกอบด้วยสารฟลาโวนอยด์ (flavonoids) ไขมัน (lipids) น้ำตาล (sugar) และกรดอะมิโน (amino acid) (พนิดา, 2548)

Ferber และ Nursten (1977) ศึกษาสารให้กลิ่นในขี้ผึ้งที่ถูกหลอมละลายที่ 65°C. พบว่า ออกทานาล (octanal) (ผิวส้ม) โนนาแนล (nonanal) (ดอกไม้) และ เดคาแนล (Decanal) (ผิวส้ม) เป็นสารให้กลิ่นหลักในขี้ผึ้งที่ถูกหลอมเหลว นอกจากนี้ยังพบ ซิเมิน (cymene) ลิโมนีน (Limonene) ลิวัลลอลออกไซด์ (Linalool oxide) เป็นสารให้กลิ่นรองที่มีลักษณะกลิ่นเปรี้ยวเหมือนผิวมะกรูด และสารประกอบรองอีกกลุ่มที่ให้หวานคือ เทอพิเนอล (terpineol) กัวเอคอล (guaiacol) ครีซอล (cresol) และเบนซัลดีไฮด์ (Benzaldehyde)

Power และ Hauber (1932) ศึกษาสารให้กลิ่นในควันเทียนขี้ผึ้งพบว่า สารประกอบในกลุ่มอัลคีน (C₅-C₂₁) ถูกพบมากที่สุดตามด้วยอัลเคน (C₅-C₂₁) และอัลดีไฮด์ (ออกทานาล โนนาแนล และเดคาแนล)

2.1.1.2 มะกรูด (Kaffir Lime)

มะกรูด [*Citrus hystrix* (DC.)] อยู่ในวงศ์ Rutaceae คือตระกูลเดียวกับส้ม (citrus family) มีชื่อเรียกแตกต่างกันเช่น kaffir lime, porcupine orange, leech lime หรือ mauritus papeda เป็นต้น จัดเป็นพืชพื้นเมืองของเอเชียแถบอบอุ่นและร้อน ใช้ผล ผิวของผล และใบที่มีลักษณะเป็นใบคู่มีต่อมน้ำมัน เพื่อปรุงอาหารและดับกลิ่นคาว น้ำมันหอมระเหยจากการกลั่นใบมะกรูดสดด้วยไอน้ำมีปริมาณร้อยละ 0.08-1.00 โดยมีซิโทเนลลัล (citronellal) เป็นสารระเหยหลัก นอกจากนี้ยังมีสารระเหยอื่น ๆ เช่น ไพเนน (pinene) แคมเฟน (camphene) ลิโมนีน (limonene) (นิจศิริ, 2534, Leffingwell, 1998)

Pudil *et al.* (1998) ทดลองวิเคราะห์สารระเหยในน้ำมันใบมะกรูดจากอินโดนีเซียที่กลั่นด้วยไอน้ำ แล้วเก็บที่อุณหภูมิ 40°C. ซึ่งเป็นสภาวะเร่งในการเก็บรักษา พบว่าน้ำมันหอมระเหยเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (autoxidation) ทำให้ปริมาณซิโทเนลลัล (citronellal) ลดลงอย่างรวดเร็ว แต่มีลิวัลลอลออกไซด์ (linalool oxide) เกิดขึ้น นอกจากนี้ยังพบสารระเหยอื่น ๆ คือ ฟิแลนดรีน เทอพิน และ ซิเมิน (phellandrene, terpene และ cymene)

2.1.1.3 กำยาน

กำยานเป็นไม้ต้น สูง 10-20 ม. เรือนยอดโปร่ง ลำต้นเปล่าตรง เปลือกเรียบ สีเทา กิ่งอ่อนมีขนนุ่ม ใบเดี่ยว เรียงสลับ แผ่นใบรูปไข่ กว้าง 3-4.5 เซนติเมตร ยาว 8-12 เซนติเมตร ปลายใบเรียวแหลม โคนใบมนและเบี้ยวเล็กน้อย ท้องใบสีขาว มีขนประปราย ขอบใบเรียบหรือเป็นคลื่นเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เส้นแขนงใบ 6–8 คู่ ก้านใบยาวประมาณ 1.5 เซนติเมตร ดอกสีขาว กลิ่นหอม ออกเป็นช่อสั้น ๆ ตามง่ามใบและปลายกิ่ง ผลกลมหรือแป้น สีเขียวอ่อน กว้างประมาณ 2.5 เซนติเมตร ยาวประมาณ 2 เซนติเมตร เปลือกแข็งมีฝาหรือหมวกปิดขั้วผลซึ่งพัฒนาจากกลีบเลี้ยง มี 1–2 เมล็ด มีชื่อทางวิทยาศาสตร์คือ *Styrax benzoides* Craib กายานมีการกระจายพันธุ์ในป่าดิบเขาทางภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคตะวันออก ที่ความสูงจากระดับทะเลปานกลาง 600–1,200 เมตร ออกดอกเดือนมกราคมถึงกุมภาพันธ์ ผลแก่เดือนมีนาคมถึงเมษายน ตำรายาไทยใช้ชันที่เรียก Gum Benzoin เข้าเครื่องยาและทำเครื่องสำอาง

สารให้กลิ่นหลักในกายานคือ ซินนามัท (cinamate) เป็นสารให้กลิ่นยางไม้ กรดเบนโซอิก (benzoic acid) กรดซินนามิก (cinnamic acid) เป็นสารที่ให้กลิ่นฉุนแสบจมูก วนิลิน (vanillin) และ เบนซิลอัลดีไฮด์ (benzylaldehyde) เป็นสารให้กลิ่นหวานแก่กายาน (Lawless, 1995)

2.1.1.4 ไม้จันทน์หอม

ไม้จันทน์หอม ชื่อวิทยาศาสตร์ *Mansonia gagei* Drumm. วงศ์ STERCULIACEAE ลักษณะทั่วไป เป็นไม้ยืนต้นผลัดใบ สูง 10–20 เมตร เรือนยอดเป็นพุ่มค่อนข้างโปร่ง ใบเป็นใบเดี่ยวเรียงสลับ แผ่นใบรูปรีแกมขอบขนาน หรือแกมรูปไข่กลับ ปลายใบแหลม โคนใบเว้าเบี้ยวเล็กน้อย ขอบใบเป็นคลื่นห่าง ๆ ออกดอกเป็นช่อตามปลายกิ่งและตามง่ามใบ ดอกขนาดเล็กสีขาว ออกดอกช่วงเดือนสิงหาคมถึงตุลาคม ผลเป็นรูปกระสวย มีปีกรูปทรงสามเหลี่ยม ขยายพันธุ์โดยการเพาะเมล็ด ปลูกได้ดีในสภาพดินทุกชนิด ชอบแสงแดดจัดและขึ้นตามดินแถบเขาหินปูน องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญในไม้จันทน์หอมคือ ฟีนอล (phenol) กัวเอคอลล (guaiacol) เมทิลกัวเอคอลล (methyl guaiacol) ซิงลิคอลล (syringol) และสารประกอบไฮโดรคาร์บอนอื่น ๆ (Duke, 1985)

2.2 สารให้กลิ่นในอาหารที่เกิดตามธรรมชาติจากพืช

สารให้กลิ่นในพืชจัดเป็นผลิตภัณฑ์ของเมตาบอลิซึมระดับทุติยภูมิ (secondary metabolite) ที่พบในพืชแต่ละชนิดไม่เหมือนกัน เป็น by-product จากเซลล์สิ่งมีชีวิต (Stofberg, 1986) ซึ่งไม่มีหน้าที่ทางเมตาบอลิซึมที่ชัดเจน มีสารเริ่มต้นเป็นผลิตภัณฑ์ของเมตาบอลิซึมระดับปฐมภูมิ (primary metabolite) จากกระบวนการสังเคราะห์แสงที่พบในพืชทุกชนิด เช่น คาร์โบไฮเดรต กรดอะมิโน กรดไขมัน เป็นต้น (Reineccius, 1994) แล้วมีการทำงานของเอนไซม์เข้ามาเกี่ยวข้อง โดยพืชแต่ละชนิดมีเอนไซม์ไม่เหมือนกัน ทำให้เกิดกระบวนการสังเคราะห์ทางชีวภาพต่างกันไป

สารให้กลิ่นรสตามธรรมชาติส่วนใหญ่เกิดจากสารตั้งต้นที่ไม่ระเหย ซึ่งส่วนมากเป็นพวกอนุพันธ์ของไกลโคไซด์ที่มีโครงสร้างพื้นฐานของกลูโคสต่อดัวยพันธะเบตาไกลโคไซด์ (β -glycoside) กับผลิตภัณฑ์ของเมตาบอลิซึมระดับทุติยภูมิเรียกว่าอะไกลโคน (aglycone) ซึ่งมัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประกอบด้วยคาร์บอน 10 11 13 หรือ 15 อะตอม เช่น โกลโคไซด์ของโมโนเทอร์พีน (monoterpene) แต่สามารถเปลี่ยนเป็นสารระเหยโดยการทำงานของเอนไซม์ หรือการไฮโดรไลซิส จากกรด หรือการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Williams, 1993)

สารประกอบให้กลิ่นในธรรมชาติมีหลายประเภท และเกิดขึ้นได้ด้วยกระบวนการต่างกัน เช่น แอลกอฮอล์เกิดจากการสังเคราะห์ทางชีวภาพของน้ำตาล อัลดีไฮด์เกิดจากการสังเคราะห์ทางชีวภาพจากกรดไขมันไม่อิ่มตัว โดยเฉพาะกรดไขมัน ลิโนเลนิก (linolenic) ลิโนเลอิก (linoleic) และ ปาล์มมิติก (palmitic) กรดบางตัวได้จากกระบวนการสังเคราะห์แสง คือ คาร์โบไฮเดรตจะถูกออกซิไดซ์เป็นกรดไพรูวิก (pyruvic) เพื่อเข้าสู่วัฏจักรเครบ (Krebs cycle) เอสเทอร์สร้างจากแอลกอฮอล์ กรดไขมัน และกรดอะมิโนในเซลล์พืช

ปัจจุบันมีการนำสารประกอบที่ให้กลิ่นรสจากเครื่องเทศและสมุนไพรมาใช้ในรูปของน้ำมันหอมระเหยและกลิ่นรสในอาหาร น้ำมันหอมระเหยนี้นักพฤกษศาสตร์ถือว่าเป็นของเสียที่ผลิตจากพืชเนื่องจากไม่มีประโยชน์ในกระบวนการทางชีวเคมี อาจเป็นผลิตภัณฑ์ผิดปกติของกระบวนการชีวเคมี หรือเป็นสารที่เกิดจากการทำลายพืช (นิจศิริ, 2534)

สารประกอบที่มีอยู่ในไม้ธรรมชาติและยางไม้ เช่น ผิวมะกรูด ไม้จันทร์หอม แบ่งได้เป็น

- สารไฮโดรคาร์บอน โดยทั่วไปเป็นสารประเภทเทอร์พีน (terpene) ที่มักเป็นสารประกอบหลักของไม้ธรรมชาติ ได้แก่ โมโนเทอร์พีน (monoterpene) ที่มีกลิ่นแรง และเซสควิเทอร์พีน (sesquiterpene) ซึ่งมีคาร์บอน 10 และ 15 อะตอม ตามลำดับ (Hirasa และ Takemasa, 1998) เทอร์พีนเป็นสารประกอบเทอร์พีนอยด์ (terpenoid) ที่แต่เดิมเชื่อว่าเป็นของเสียจากกระบวนการเมตาบอลิซึมของพืชที่สะสมในโครงสร้างเฉพาะ แต่ปัจจุบันเชื่อว่าเป็นสารที่พืชใช้ในการสื่อสารเพื่อดึงดูดให้เกิดการผสมเกสร และใช้ในการป้องกันแมลง สัตว์ หรือพืชอื่น (Little and Croteau, 1999)

- อนุพันธ์ของสารไฮโดรคาร์บอนที่มีออกซิเจน เช่น แอลกอฮอล์ อัลดีไฮด์ คีโตน เอสเทอร์ ซึ่งสารเหล่านี้จะถูกสังเคราะห์ตามปกติโดยพืช

2.3 การเปลี่ยนแปลงของสารให้กลิ่นรส

กลิ่นรสในอาหารเกิดการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากหลายสาเหตุคือ โครงสร้างของสารให้กลิ่นรสเปลี่ยน เช่น ยูจีนอล (eugenol) มีการเคลื่อนที่ของพันธะคู่ได้เป็นไอโซยูจีนอล (isoeugenol) (Bauer *et al.*, 1997) หรือเกิดปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างสารให้กลิ่นรสซึ่งถือเป็นสาเหตุหลัก นอกจากนี้ยังเกี่ยวกับความเสถียรของสารให้กลิ่นรส (Shaikh, 2002) โดยในแง่ความเสถียรทางเคมี (chemical stability) สารที่มีพันธะคู่มากกว่าหนึ่งตำแหน่งจะไม่ค่อยเสถียร (Novak *et al.*, 2002)

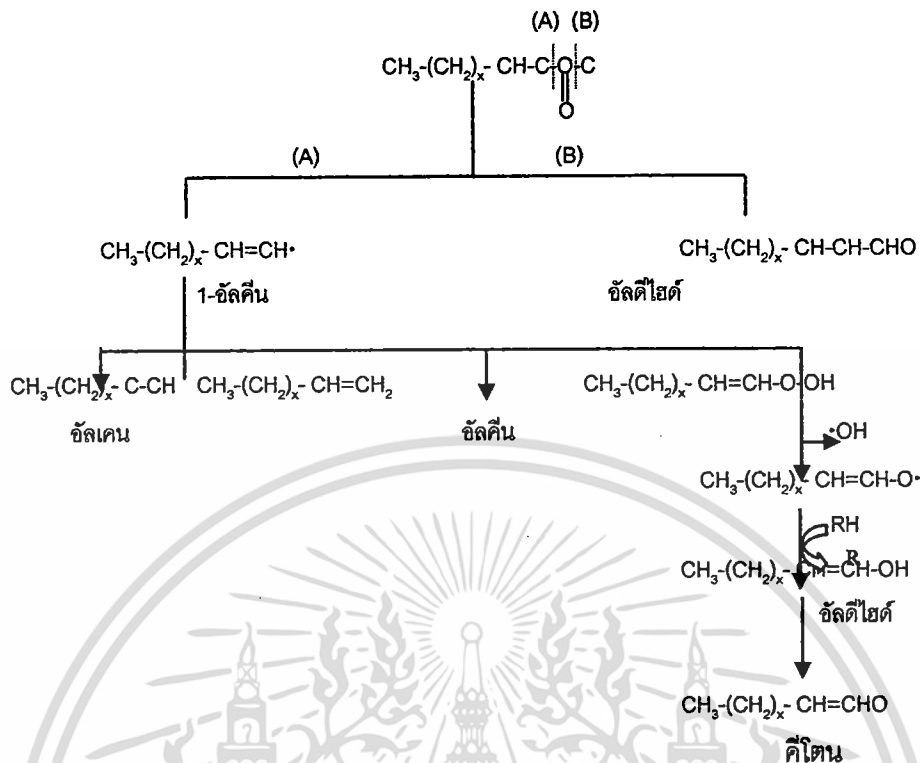
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 ปฏิกริยาหลักที่ทำให้สารให้กลิ่นรสเปลี่ยนแปลง คือ

2.3.1.1 ปฏิกริยาออกซิเดชัน เป็นปฏิกริยาที่เกิดขึ้นบ่อยมาก โดยจะเกิดเมื่อมีออกซิเจน รั้งสีอุลตราไวโอเลต และอนุมูลอิสระ เบนซัลดีไฮด์ (benzaldehyde) จะถูกออกซิไดซ์ได้ง่ายในอากาศ ได้เป็นสารประกอบกรดเบนโซอิกเป็นผลิตภัณฑ์แยกออกมา (Shaikh, 2002) หรือ การเกิดปฏิกริยาออกซิเดชันของลิโมนีน (limonene) ได้เป็น แอลฟาเทอพินีออล (α -terpineol) (Hiramoto *et al.*, 1999) อัลดีไฮด์ที่มีคาร์บอน 6 และ 9 อะตอมที่เกิดจากการปฏิกริยาออกซิเดชันของกรดไขมันกลายเป็นเฮกซานัล เฮปทานัล โนนาแนล และออกทานัล โดยเริ่มจากการไฮโดรไลซิสของกรดไขมันทำให้เกิดสารประกอบเปอร์ออกไซด์ (peroxide) และไฮโดรเปอร์ออกไซด์ สารประกอบเปอร์ออกไซด์และไฮโดรเปอร์ออกไซด์นี้จะเกิดปฏิกริยาออกซิเดชันเป็นสารประกอบแอลกอฮอล์ หลังจากนั้นจึงเกิดปฏิกริยารีดักชันของแอลกอฮอล์กลายเป็นสารประกอบอัลดีไฮด์ (Hatanaka *et al.*, 1986)

2.3.1.2 ปฏิกริยาไฮโดรไลซิส ตัวอย่างเช่น อัลดีไฮด์ที่เกิดจากปฏิกริยาไฮโดรไลซิสของกรดไขมันทั้งชนิดอิ่มตัวและไม่อิ่มตัว การเกิดไฮโดรไลซิสนี้จะเกิดโดยความร้อนจะไปทำลายพันธะไฮดรอกซิลของกรดไขมันที่ตำแหน่งต่าง ๆ สารที่เกิดจากการสลายตัวของกรดไขมันที่ตำแหน่งคาร์บอนอะตอมตำแหน่งที่ 3 จะให้สารประกอบอัลเคน อัลคีน อัลดีไฮด์ และคีโตน ส่วนกรดไขมันที่เกิดการสลายตัวที่คาร์บอนอะตอมในตำแหน่งที่ 1 จะให้สารประกอบอัลดีไฮด์

สารประกอบอัลดีไฮด์ อัลเคน อัลคีน และคีโตน เกิดจากปฏิกริยาไฮโดรไลซิสของ ไมริซิลปาล์มมิเตท (myricyl palmitate) ซึ่งเป็นกรดไขมันหลักในขี้ผึ้ง โดยความร้อนจะไปทำลายพันธะคาร์บอนิลที่ตำแหน่ง A ทำให้กรดปาล์มมิเตทแตกออกเป็น 1-อัลคีน อัลเคน อัลคีน อัลดีไฮด์ และคีโตน แต่ถ้าความร้อนไปทำลายพันธะคาร์บอนิลที่ตำแหน่ง B ทำให้กรดปาล์มมิเตทเสียคาร์บอนไปในตำแหน่งแรกเกิดเป็นอัลดีไฮด์ ดังรูปที่ 2.1 (Pan *et al.*, 2004)



รูป 2.1. การเกิดสารประกอบอัลเคน อัลคีน อัลดีไฮด์และคีโตนโดยปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของ ไมริซิล ปาล์มมิเตท (myricyl palmitate)

ที่มา: Pan *et al.*, (2004)

2.3.1.3 ปฏิกิริยาโพลิเมอไรเซชัน (polymerization) อัลดีไฮด์ที่มีลักษณะเป็น สายจะเกิดปฏิกิริยานี้ได้ง่ายโดยเฉพาะเมื่อถูกความร้อน (Shaikh, 2002)

2.3.1.4 ปฏิกิริยาไอโซเมอไรเซชัน (isomerization) โครงสร้างของสารให้กลิ่นที่อยู่ในรูป cis เปลี่ยนเป็น trans ที่เสถียรมากกว่า โดยมีความร้อน แสง อากาศ และ pH เป็นปัจจัยสำคัญ หรือการเกิดไอโซเมอไรเซชันของ ลินาโลอล (linalool) ในสภาวะกรดเป็น เจอรานีโอล (geraniol), เนโรล (nerol) และ เทอพิเนอล (terpineol) (Bauer *et al.*, 1997, Greenwood and Earnshaw, 1997)

2.3.1.5 การสร้าง shiff base เกิดจากอัลดีไฮด์หรือคีโตนทำปฏิกิริยากับเอมีน เช่น ซิทาล (citral) ทำปฏิกิริยากับ เมทิลแอนทรานิเลท (methyl anthranilate) ได้เป็นชิฟเบส (Schiff base) สีเหลือง (Shaikh, 2002)

โดยทั่วไปสารให้กลิ่นรสสามารถเกิดการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากหลายปฏิกิริยา เช่น อัลดีไฮด์จะเกิดออกซิเดชันได้ง่ายเมื่อมีอากาศได้ผลิตผลเป็นกรด หรือเกิดโพลิเมอไรเซชัน (polymerization) เมื่อถูกความร้อนหรือแสง และถ้ามีแอลกอฮอล์อยู่ด้วยก็จะทำปฏิกิริยากันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็น เฮมิอะซีทัล (hemi-acetal) และ อะซีทัล (acetal) ซึ่งเสถียรกว่าแต่มีกลิ่นอ่อนกว่า (Shaikh, 2002) นอกจากนี้ยังอาจเกิดหลายปฏิกิริยาร่วมกันเช่น ลินาโลอล (linalool) ซิโทเนลลัล (citronellol) เนออล (nerol) และเจอร์รานิอล (geraniol) ที่เป็น พาเรนท โมโนเทอร์พีน (parent monoterpene) สามารถเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันและออกซิเดชันได้เป็นสารโพลีออล (polyol) บางตัวไม่คงทนต่อกรด จึงเปลี่ยนรูปเป็นสารระเหยอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิห้องและ pH ของน้ำผลไม้เป็นต้น โดยการเปลี่ยนแปลงของสารให้กลิ่นรสเกิดจากปัจจัยหลายอย่าง

2.3.2 ปัจจัยที่ทำให้สารให้กลิ่นรสเกิดการเปลี่ยนแปลง

2.3.2.1 ออกซิเจน เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดกลิ่นแปลกปลอม (off flavor) จากปฏิกิริยาออกซิเดชัน

2.3.2.2 pH โดยทั่วไปที่ pH ต่ำจะกระตุ้นปฏิกิริยาการสลายของสารให้กลิ่นรส เช่น เบต้าไพเนน (β -pinene) เปลี่ยนเป็นสารประกอบแอลกอฮอล์ ซึ่งอัตราการเปลี่ยนรูปนี้เป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มข้นของไฮโดรเจน

2.3.2.3 อุณหภูมิและความร้อน ปกติแล้วสารให้กลิ่นรสเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ง่ายเนื่องจากอุณหภูมิและความร้อน เช่น การสลายตัวของเทอร์พีนจากความร้อนโดยเฉพาะในสภาวะกรด

2.3.2.4 แสงและรังสี แสงทำให้เกิดไฮโดรไลซิสของรังสีอัลตราไวโอเล็ตก่อให้เกิดอนุมูลอิสระซึ่งเป็นสารมัธยันต์ (intermediate) ที่ไปทำปฏิกิริยากับออกซิเจนทำให้ ลิโมนีน (limonene) เทอพิโนลีน (terpinolene) และโนนาแนล (nonanal) ลดลง โดยเฉพาะซีทาล (citral) ลดลงมาก นอกจากนี้รังสีแกมมายังทำให้โมโนเทอร์พีนที่มีโครงสร้างไม่เป็นวง เช่น เจอราเนียล (geraniol) นีรัล (neral) ไมซีน (myrcene) ลินาโลอล (linalool) เทอพิเนน (terpinene) และเทอพิโนลีน (terpinolene) ลดลง

2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อองค์ประกอบของกลิ่นควันเหลว

ในกระบวนการการผลิตควันเหลว ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อปริมาณและชนิดของสารให้กลิ่นของควันเหลวจากไม้ได้แก่

2.4.1. อุณหภูมิ

อุณหภูมิมีผลต่อการเผาไหม้และการสลายตัวขององค์ประกอบของวัตถุดิบที่ใช้ผลิตควันเหลว ดังนั้นอุณหภูมิที่ต่างกันทำให้การเผาไหม้และการสลายตัวขององค์ประกอบต่างกัน จึงทำให้ได้สารประกอบของควันที่ต่างกันด้วย (Maga, 1988, Parliament *et al*, 1989., Yoo *et al.*, 1989)

Guillen *et al.* (1995) พบว่า เมื่ออุณหภูมิในการเผาไหม้สูงขึ้นจะเกิดสารประกอบคาร์บอนิลและอนุพันธ์ซึ่งมีกลิ่นหวาน กลิ่นไหม้ และกลิ่นคาราเมลน้อยลง ในขณะที่เกิดสารประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟีนอลที่หักลิ้นจุน กลิ่นครีซอล และกลิ่นควันมากขึ้น จนกระทั่งอุณหภูมิสูงขึ้นไปจนถึงจุดหนึ่งจะทำให้สารประกอบทั้งสองชนิดมีปริมาณลดลง

2.4.2. อากาศ

ปริมาณออกซิเจนมีผลต่อการเกิดสารประกอบฟีนอลและคาร์บอนิล สารกัวเอคคอลที่เป็นสารประกอบฟีนอล และสารไซโคลทีนที่เป็นสารประกอบคาร์บอนิลจะมีปริมาณสูงขึ้นเมื่อการเผาไหม้มีออกซิเจนเพิ่มขึ้นถึงระดับร้อยละ 20 ในขณะที่ปริมาณออกซิเจนไม่มีผลต่อปริมาณของฟูแรนที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ของไม้ (Maga, 1988)

2.4.3. ความชื้น

ความชื้นเริ่มต้นของไม้มีผลต่อชนิดและปริมาณของสารหักลิ้นในควัน เนื่องจากปริมาณของน้ำมีผลต่อการสลายตัวด้วยความร้อนขององค์ประกอบของไม้ (Maga, 1988)

ควันที่เกิดจากไม้ที่มีความชื้นต่ำมีแนวโน้มที่จะให้สารประกอบฟีนอล กรด และคาร์บอนิลสูง แต่จะให้ผลทางประสาทสัมผัสที่ไม่ดี ไม้ที่มีความชื้นปานกลางจะให้สารประกอบฟีนอลมากขึ้น แต่ให้สารประกอบกรดและคาร์บอนิลลดลง และให้ผลทางประสาทสัมผัสที่ดี ส่วนไม้ที่มีความชื้นสูงจะให้สารประกอบฟีนอล กรด และคาร์บอนิลต่ำ แต่ให้ผลทางประสาทสัมผัสที่ดีที่สุด (Gobatov et al., 1971)

Guillen และ Ibargoitia (1999) พบว่าความชื้นมีผลต่อองค์ประกอบของกลิ่นควันเหลวจากไม้ *Vitis vinifera* L. โดยไม้ที่มีความชื้นต่ำจะมีองค์ประกอบของสารต่าง ๆ มากกว่าไม้ที่มีความชื้นสูง เมื่อเกิดกระบวนการไพโรไลซิสในระยะเวลานั้น ๆ สารที่พบในกลิ่นควันเหลวที่ได้จากไม้ที่มีความชื้นต่ำจะเป็นสารหักลิ้นที่มีความสำคัญทางประสาทสัมผัส เป็นสารกันเสียซึ่งจะไม่พบในกลิ่นควันเหลวที่ได้จากไม้ที่มีความชื้นสูง แต่ความชื้นของไม้มีผลต่อความเป็นกรดของกลิ่นควันเหลว

2.4.4. ตัวทำละลาย

ในการผลิตกลิ่นควันเหลว ตัวทำละลายที่ใช้จับควันมีผลต่อการละลายของสารหักลิ้นในควัน เนื่องจากสารหักลิ้นบางชนิด เช่น อัลดีไฮด์ สามารถละลายในน้ำมันได้ดีกว่าน้ำ ทั้งนี้การละลายของสารในตัวทำละลายขึ้นอยู่กับโครงสร้างของสารนั้น ๆ

2.4.5. การเก็บ

ในขณะที่เก็บจะมีการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบของกลิ่นควันเหลว โดยเกิดการสลายตัวของสารประกอบอัลดีไฮด์ คีโตน อัลเคน อัลคีน และคาร์บอนิลอิสระ

Maga (1988) ศึกษาอายุการเก็บของกลิ่นควันเหลวที่ผลิตจากไม้ พบว่าควันเหลวที่ผลิตได้ใหม่ ๆ เมื่อละลายน้ำจะให้สีเหลืองสด และเมื่อเก็บไว้นานขึ้น สีของควันเหลวจะเข้มขึ้นเนื่องจากเกิดการสะสมของสารประกอบเฟอฟูรัล (furfural) และ ไฮดรอกซีเมทิลเฟอฟูรัล

(hydroxymethylfurfural) และยังเกิดสารประกอบจากปฏิกิริยาคอนเดนเซชันหรือโพลีเมอไรเซชัน ได้แก่ สารพวกโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (polycyclic aromatic hydrocarbon) ซึ่งถ้าอยู่ในสารละลายน้ำ จะเกิดตะกอนเมื่อทิ้งไว้ แต่ถ้าอยู่ในสารละลายน้ำที่มีเอทานอลหรือไกลคอลผสมอยู่จะไม่เกิดตะกอน

ระหว่างการเก็บควันเหลวจะมีชั้นสีน้ำตาลเกิดขึ้น พบว่าเป็นสารประกอบโมโนเมอร์ ไดเมอร์ และไตรเมอร์ของลิกนิน ซึ่งเมื่อนำมาทดสอบโดยการเลี้ยงหนูพบว่าลิกนินไดเมอร์บางชนิดมีผลดีต่อสุขภาพและมีคุณสมบัติเป็นสารกันหืน โดยที่สารประกอบไตรเมอร์จะมีสมบัติเป็นสารกันหืนได้ดีกว่าไดเมอร์ ชั้นสีน้ำตาลนั้นนอกจากประกอบด้วยสารประกอบลิกนินแล้วยังประกอบด้วยเทอร์พีน เอสเทอร์ของกรดไขมัน เบนโซฟูแรน (benzofuran) แอลกอฮอล์ คาร์บอนิล อนุพันธ์ของฟีนอล กัวเอคอลล ไชรินกอล และอีเทอร์ (Maga, 1988)

นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของกลิ่นควันเหลวระหว่างการเก็บยังขึ้นกับอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บ Doerr *et al.* (1966) ศึกษาอายุการเก็บกลิ่นควันเหลวจากไม้ พบว่าเมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 25°C. 30 วัน ปริมาณเมทิลฟอร์เมตที่เกิดขึ้นจะคงที่ในเวลา 70 ชั่วโมง ในขณะที่ปริมาณของเมทิลอะซิเตตจะเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ

2.5 การวิเคราะห์สารให้กลิ่นด้วย Gas Chromatography-Olfactometry

การวิเคราะห์สารให้กลิ่นด้วย Gas Chromatography-Olfactometry (GC-O) เป็นการดม (sniffing) สารระเหยที่แยกจากคอลัมน์ของเครื่อง GC โดยใช้จมูกคนเป็นเครื่องตรวจจับ (detector) ใช้ในการวิจัยด้านกลิ่นเพื่อแยกสารประกอบที่ให้กลิ่น (odor-active compound) จากสารระเหยอื่นที่ไม่มีกลิ่น (Abbott *et al.*, 1993, Reineccius, 1998, Reineccius, 2000.)

สามารถแบ่งวิธีการวิเคราะห์สารให้กลิ่นด้วย GC-O ได้เป็น 3 ประเภท คือ (Ferreira *et al.*, 2002)

1. การตรวจพบสารให้กลิ่นตามค่า threshold ของสาร ซึ่งเป็นระดับความเข้มข้นต่ำสุดที่ยังได้กลิ่นตัวอย่างวิธีที่ใช้วิเคราะห์ เช่น Aroma Extract Dilution Analysis (AEDA) และ Charm
2. การวัดความถี่ในการได้กลิ่น
3. การประเมินความเข้ม เช่น OSME, cross-modality, flavor impact values โดยอาจแยกได้เป็น posterior intensity และ time-intensity (Ruth, 2001)

แม้ว่า GC-O จะมีประโยชน์ในการวิเคราะห์สารให้กลิ่น โดยเฉพาะสารที่ให้กลิ่นสำคัญในตัวอย่าง แต่ก็ยังมีข้อจำกัดในการใช้งานบางประการ เช่น

1. ไม่ทราบลักษณะแท้จริงในสารผสม เพราะเป็นการดมสารที่ละตัวตามที่แยกออกมาจากคอลัมน์ อีกทั้งลำดับการดมสารยังเป็นแบบไม่สุ่ม ลำดับของสารที่แยก ลักษณะกลิ่น และเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเข้มข้นที่ได้รับของสารหนึ่ง ๆ จึงส่งผลโดยตรงต่อความเข้มข้นที่ได้รับของสารที่แยกออกมาที่หลัง เรียกว่าเกิด contrast effect ดังนั้นต้องทำให้ลำดับที่ของการดมสารแต่ละชนิดสมดุลกัน โดยควรทำสองคอลัมน์ที่มีชื่อต่างกัน (Ruth, 2001; Mistry *et al.*, 1997)

2. ต้องเป็นการดมสารที่ระดับความเข้มข้นที่แท้จริง และไม่มีสารอื่นรบกวน (Ruth, 2001; Burfield, 2002) แต่ค่าตัวแปรต่าง ๆ ของเครื่อง GC ที่ใช้ในการแยกสารมีผลต่อลักษณะพีค ซึ่งอาจส่งผลต่อความเข้มข้นของสาร แล้วไปมีผลต่อลักษณะกลิ่นของสารบางชนิด (Ruth, 2001) นอกจากนี้สารให้กลิ่นอาจค่อย ๆ แยกออกมา จึงเกิด cross-contamination (Burfield, 2002) หรือเกิด cross-adaptation ที่ทำให้ไม่ได้กลิ่นบางพีคเมื่อสารบางตัวแยกออกมาพร้อมกับสารก่อนหน้า อย่างไรก็ตามถ้าช่วงการเกิดนี้ไม่นานก็จะได้กลิ่น (Abbott *et al.*, 1993)

3. ใช้เวลานาน (Mistry *et al.*, 1997) ทำให้ผู้ทดสอบล้า เกิดการปรับตัวเมื่อดมต่อเนื่อง (Mistry *et al.*, 1997; Burfield, 2002) และตื่นตัวน้อยลง (Ruth, 2001) จึงควรดมเป็นช่วง ๆ ครั้งละประมาณ 5 นาที โดยไม่เรียงลำดับซึ่งเป็นการทำให้ลำดับการดมสมดุลด้วย และเพื่อไม่ให้จมูกแห้งจนล้า จึงต้องทำให้อากาศตรงส่วนปลายคอลัมน์ที่ใช้ดมมีความชื้น (Blank *et al.*, 1989 และ Blank, 1997) โดยให้อากาศผ่านน้ำที่อัตรา 20-30 มิลลิลิตร/นาที (Mistry *et al.*, 1997)

4. แต่ละคนมีระดับ Threshold การตอบสนอง และความไวในการรับรู้ต่างกัน (Abbott *et al.*, 1993; Grosch, 1993; Ruth, 2001; Burfield, 2002) การตอบสนองก็ไม่เหมือนเดิมในแต่ละช่วงเวลา (Mistry *et al.*, 1997) นอกจากนี้ผลที่ได้ยังเกิดจากการตัดสินใจอย่างรวดเร็วของผู้ทดสอบ (Ruth, 2001)

5. เพื่อความปลอดภัย จึงไม่ควรทำกับตัวอย่างที่ไม่ทราบส่วนประกอบ (Mistry *et al.*, 1997)

2.6 การวิเคราะห์สารให้กลิ่นที่สำคัญโดยใช้วิธี Aroma Extract Dilution Analysis

การวิเคราะห์สารให้กลิ่นโดยวิธีการเจือจาง (Dilution Analysis) เป็นการตรวจพบสารตามค่า threshold ได้ผลการวิเคราะห์เป็นค่าที่แสดงสัดส่วนระหว่างความเข้มข้นของสารในตัวอย่กับระดับ threshold ของสารนั้น โดยเรียกค่าที่ได้ต่างกันตามวิธีที่ใช้วัดค่า threshold (Abbott *et al.*, 1993; Ruth, 2001) เช่น flavor unit (FU) เป็นการวัดค่า threshold เมื่อตัวอย่างอยู่ในปาก (retronasal odor threshold) หรือ odor unit ซึ่งเป็นการวัด threshold ของกลิ่นที่ได้ก่อนเข้าปาก (nasal odor threshold) นอกจากนี้ยังมีการเรียกแบบอื่น ๆ เช่น aroma value, number of odor intensity units, odor activity value (OAV), odor intensity index, odor intensity unit, odor unit number, odor value และ threshold odor number เป็นต้น (Abbott *et al.*, 1993; Grosch, 1993; Blank *et al.*, 1989; Blank, 1997; Miranda-Lopez *et al.*, 1992)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างไรก็ตามค่า threshold ที่ได้อาจแตกต่างกัน โดยขึ้นกับหลายปัจจัย เช่น เพศ อายุ และประสบการณ์ของผู้ทดสอบ รวมถึงอัตราการไหลของสารให้กลิ่นที่ไปกระตุ้นประสาทสัมผัส (Friedrich and Acree, 2000; Ruth and O'Connor, 2001)

วิธี Aroma Extract Dilution Analysis (AEDA) เป็นขั้นตอนเบื้องต้นในการหาสารให้กลิ่นที่สำคัญ (Blank, 1997) ที่มีผลต่อกลิ่นของอาหาร (Grosch, 1993) ซึ่งถือเป็นขั้นตอนแรกของการวิจัยด้านกลิ่นรส (Ferreira *et al.*, 2002) เป็นวิธีที่ให้ทั้งข้อมูลด้านคุณภาพ และปริมาณ (Etievant, 1996) โดยมีเป้าหมายเพื่อวัดความแรงสัมพัทธ์ (relative potency) ของสารให้กลิ่นที่มีในสารสกัดจากอาหาร (Ruth, 2001)

วิธี AEDA เป็นวิธีวิเคราะห์สารให้กลิ่นโดยการเจือจาง การทำวิธีนี้อาศัยสมมติฐาน 2 ข้อ คือ มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างความเข้มข้นที่ได้รับกับความเข้มข้นของสารนั้นที่ระดับการเจือจางต่าง ๆ กัน วิธีนี้ใช้ผู้ทดสอบไม่ต่ำกว่าสองคน เพื่อลดความเอนเอียง โดยใช้ตัวอย่างผสมของสารให้กลิ่น 6-10 ชนิดช่วยคัดเลือกผู้ทดสอบ นอกจากนี้ยังต้องคัดเลือกคนที่สนใจ สะดวก ความรู้สึกไว และมีความสามารถในการจดจำกลิ่น ซึ่งควรเป็นคนที่ม่ประสบการณ์ด้านการประเมินทางประสาทสัมผัสด้วย แล้วฝึกฝนเทคนิคการดมโดยให้ดมสารผสมที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน ส่วนเครื่อง GC ก็ควรใช้ injector แบบ cool on column เพื่อป้องกันการสูญเสียสารระเหยตรงส่วน injector ที่มีการให้ความร้อน และควรทำสองคอลัมน์ที่มีความมีขั้วต่างกัน เพราะเป็นการดมสารที่ละตัวแยกกันได้จากคอลัมน์ ซึ่งสารให้กลิ่นบางตัวจะแยกหรือดูดซับในแต่ละคอลัมน์ได้ต่างกัน นอกจากนี้ตัวอย่างบางชนิด โดยเฉพาะอาหารที่ผ่านความร้อนในกระบวนการแปรรูป และอาหารหมักมักประกอบด้วยสารระเหยหลายกลุ่มดังนั้นการใช้สองคอลัมน์จะช่วยแยกสารได้ดีขึ้น (Blank, 1997).

วิธี AEDA วัดค่าออกมาเป็นค่า FD (flavor dilution value) หรือ FD factor ของสารแต่ละชนิด ซึ่งเป็นสัดส่วนของความเข้มข้นสารในสารสกัดเริ่มต้น กับความเข้มข้นสารนั้นในสารสกัดที่เจือจางมากที่สุดแล้วยังคงได้กลิ่น หรือค่าการเจือจางสุดท้ายที่คนยังรู้ได้ที่ retention index (RI) เดิมนั่นเอง ค่านี้จึงเป็นการวัดค่าแบบสัมพัทธ์ที่ขึ้นกับความเข้มข้นของสารโดยไม่ใช้ความเข้มข้นที่ได้รับจากการรับรู้ของมนุษย์ ค่า FD factor นี้เป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่า OAV ของสารนั้นในอากาศ โดยค่า OAV นี้ทำให้ทราบลำดับของสารที่มีความแรงมาก ซึ่งก็คือสารที่มีระดับการเจือจางมากที่สุด ที่ยังคงได้กลิ่นสูงกว่าสารอื่น (Grosch, 2001)

โดยทั่วไปรายงานเป็น FD chromatogram หรือกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า RI กับ FD factor โดยค่า FD factor อาจอยู่ในรูปของ Logarithmic การวิเคราะห์ผลจะแบ่งค่า FD factor ออกเป็น 3 กลุ่ม คือพวกที่มีค่าสูง ปานกลาง และต่ำ โดยมุ่งความสนใจไปที่สารที่มีค่า FD

factor สูงและปานกลาง อย่างไรก็ตามสารที่มีค่า FD factor ต่ำก็อาจเป็น background ที่มีผลต่อกลิ่นโดยรวมของอาหาร (Blank, 1997)

2.6.1 ประโยชน์ของวิธี AEDA (Grosch, 2001)

2.6.1.1. เป็นวิธีเบื้องต้นที่ดีในการวิเคราะห์สารให้กลิ่นที่สำคัญในอาหาร

2.6.1.2. ใช้ประเมินความเข้มข้นของสารที่มีน้อยมากจนเครื่อง GC ไม่สามารถตรวจวัดได้ และเป็นวิธีที่พัฒนาเพื่อใช้วิเคราะห์สารที่เกิดการเปลี่ยนแปลงได้ง่าย

2.6.1.3. รู้ตำแหน่งของสารสำคัญใน chromatogram ซึ่งจะช่วยในการบ่งชี้หรือหาปริมาณ

2.6.1.4. ใช้บ่งชี้ความแตกต่างของสารให้กลิ่นรสในแต่ละตัวอย่าง คือทราบชนิดสารที่มีผลทำให้เกิดความแตกต่าง เช่น มี off-flavor หรือใช้ศึกษาผลจากการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบ การปรับกระบวนการผลิต รวมถึงการเก็บรักษา หรือใช้ตรวจหาสารให้กลิ่นในโมเดลอาหาร

2.6.1.5. เข้าใจความสัมพันธ์ของสารให้กลิ่นที่สำคัญ

2.6.1.6. ใช้เป็นลายพิมพ์ (fingerprint) ในการควบคุมคุณภาพ

2.6.2 ข้อจำกัดของวิธี AEDA (Rychlik et al, 1998)

2.6.2.1 เป็นเพียงวิธีเบื้องต้น จึงไม่สามารถระบุสารให้กลิ่นที่ส่งผลกระทบต่ออาหารได้อย่างแน่ชัด เพราะเป็นการดมสารทีละตัวที่แยกออกมาได้ ซึ่งขึ้นกับ threshold ในอากาศ แต่การระเหยของสารให้กลิ่นในอาหารขึ้นกับการละลายในเมตริกอาหาร รวมถึงการเกิดปฏิสัมพันธ์กับสารไม่ระเหย

2.6.2.2 สารที่วิเคราะห์ได้เป็นเพียงสารที่สำคัญมากดังนั้นอาจไม่พบสารให้กลิ่นที่สำคัญทุกตัว โดยจำนวนสารที่วิเคราะห์ได้ขึ้นกับ threshold ของสารและตัวแปรอื่น ๆ เช่น ปริมาณตัวอย่างที่ใช้สกัด ระดับการเจือจางสารสกัด รวมถึงปริมาณสารที่ใช้วิเคราะห์ และถ้าเกิดการสูญเสียสารที่ระเหยง่ายในขั้นตอนการสกัดและการทำให้เข้มข้น ผลที่ได้ก็อาจไม่ถูกต้อง ดังนั้นในการวิเคราะห์ผลจึงต้องพิจารณาสารที่มีค่า FD ต่ำด้วย รวมถึงการทำ AECA (Aroma Extract Concentration Analysis) ที่เป็นการดมจากสารสกัดเริ่มต้น แล้วทำให้เข้มข้นตามลำดับไปเรื่อย ๆ เพื่อหลีกเลี่ยงการไม่พบสารที่ไม่เสถียรซึ่งสลายในขณะทำ AEDA และช่วยให้ได้กลิ่นสารระเหยบางตัวที่มีน้อยเกินกว่าจะได้กลิ่นเมื่อทำ AEDA อีกด้วย นอกจากนี้ AEDA ยังใช้วิเคราะห์กับสารที่มีจุดเดือดสูงกว่าตัวทำละลายเท่านั้นเพราะสารให้กลิ่นจะแยกออกมาพร้อมกับตัวทำละลายทำให้วิเคราะห์ไม่ได้

2.6.2.3 ต้องมีสารมาตรฐานที่ใช้อ้างอิง เพราะค่า RI อาจคลาดเคลื่อน โดยเฉพาะคอลัมน์ประเภทมีซิวจึงใช้ไม่ได้ผลกับสารให้กลิ่นสำคัญที่เป็น unknown หรือ ไม่มีสารมาตรฐานที่

ใช้อ้างอิง อีกทั้ง aromagram ที่ได้จากการดมต่างจาก chromatogram ของ GC เพราะกลิ่นออกมาไม่ตรงกับพีค

2.6.2.4 เกิด gaps in the coincident response คือดมสารในตัวอย่างที่เจือจางน้อย ไม่ได้กลิ่นแต่ได้กลิ่นตัวอย่างที่เจือจางมาก ซึ่งเกิดจาก cross-adaptation ระหว่างสารประกอบ 2 ชนิดรวมถึงการขาดประสบการณ์ของผู้ทดสอบ

ขั้นตอนต่อจากการหาค่า FD factor คือการหาค่า OAV ที่คำนวณจากการหารปริมาณสารให้กลิ่นที่แท้จริงของสารระเหยด้วยค่า threshold ของสารนั้น ๆ ในตัวกลางแบบเดียวกับอาหาร แต่เนื่องจากสารระเหยซับซ้อน และมีความเข้มข้นต่างกันมาก อีกทั้งยังสูญเสียขณะสกัดตัวอย่าง การหาปริมาณด้วยวิธีเดิม ๆ จึงไม่ถูกต้องนัก ดังนั้นเพื่อความถูกต้องจึงควรใช้วิธี stable isotope dilution assays (SIDA) ซึ่งเป็นการใช้ไอโซโทปที่เสถียรของสารที่ต้องการวิเคราะห์เป็น internal standard โดยเริ่มจากการเติมสารระเหยที่ label ไอโซโทป และรู้จำนวนแน่นอนลงในอาหาร สกัดสารระเหยด้วยเครื่องกลั่นสุญญากาศและแยกสารระเหยด้วยเครื่อง HPLC หรือ column chromatography จากนั้นนำส่วนที่แยกได้ที่มีส่วนผสมของสารระเหยที่ต้องการวิเคราะห์กับสารระเหยที่ label ไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-MS ใน chemical ionization mode แล้วจึงคำนวณปริมาณสัมพันธ์ โดยอาศัยสมมติฐานว่าปริมาณของสารที่ต้องการวิเคราะห์กับ internal standard จะสูญเสียเป็นสัดส่วนเดียวกันในช่วงของการวิเคราะห์ ดังนั้นจึงหาความเข้มข้นของสารที่ต้องการวิเคราะห์ได้จากความเข้มข้นของ internal standard ที่เติมลงไป (Rychlik *et al.*, 1998)

การที่จมูกคนไม่ได้กลิ่นของสารบางพีคเมื่อทำ GC-O เพราะสารนั้นมีความเข้มข้นในอากาศต่ำกว่าระดับ threshold นั่นคือมีค่า OAV น้อยกว่า 1 แต่ถ้าค่านี้มากกว่า 1 ก็อาจได้กลิ่นหรืออาจไม่ได้กลิ่น ทั้งนี้ขึ้นกับการปลดปล่อยกลิ่นรส (flavor release) และการอำพรางกลิ่น (odor suppression) ของสารต่าง ๆ ในตัวอย่าง โดยทั่วไปสารที่มีค่านี้มากมักเป็นสารสำคัญ อย่างไรก็ตามบางครั้งพบว่าสารที่มีค่านี้สูงก็ไม่สำคัญเท่าสารที่มีค่าต่ำกว่าแต่เป็นสารที่มีผลต่อกลิ่นโดยรวมเนื่องจากเกิดปฏิสัมพันธ์ของสารให้กลิ่นในการผสม (Rychlik *et al.*, 1998)

อย่างไรก็ตามค่า OAV นี้ไม่มีความสัมพันธ์ในลักษณะเส้นตรงกับค่าความเข้มข้นของกลิ่นที่ได้รับและสารที่มีค่าเท่ากันก็ไม่จำเป็นต้องได้รับกลิ่นเข้มข้นเท่ากัน ดังนั้นค่า OAV จึงไม่สามารถใช้วัดหรือทำนายความเข้มข้นของสารให้กลิ่นอื่น ๆ ในสารผสมได้ถูกต้อง โดยเฉพาะสารที่มีความเข้มข้นสูงกว่า และไม่ใช่วิธีที่ดีในการบอกว่าสารนั้น ๆ มีผลต่อความเข้มข้นโดยรวมอย่างไร นอกจากนี้สารให้กลิ่นที่ปลดปล่อยจากอาหารในอัตราต่าง ๆ กัน ขณะรับประทาน ยังทำให้ pattern ของส่วนประกอบต่างจากที่วิเคราะห์ได้จากสารสกัดอย่างมาก (Rychlik *et al.*, 1998)

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

3.1 อุปกรณ์

3.1.1 เครื่องมือ

3.1.1 Gas Chromatography (Agilent 6890) and Mass spectrometer detector (Agilent 5973), USA.

3.1.2 Gas Chromatography (Hewlett Packard 5890), equipped with Olfactometry (SGE), Australia

3.1.2 วัตถุดิบ

3.1.2.1 ชี๊ฝิ่ง ชื่อจากฟาร์มฝิ่งสายันต์ เชียงใหม่

3.1.2.2 มะกรูด ชื่อจากตลาดไท

3.1.2.3 กายาน ชื่อจากเขาวราช

3.1.2.4 ไม้จันทน์หอม ชื่อจาก กระทรวงสาธารณสุข

3.1.3 สารเคมี

3.1.3.1 โพรไพลีนไกลคอล บริษัทอัลติมา ประเทศไทย

3.1.3.2 กลีเซอรอล บริษัทอัลติมา ประเทศไทย

3.1.3.3 เฮกซานอล บริษัท Sigma สหรัฐอเมริกา

3.1.3.4 เฮพทานอล บริษัท Sigma สหรัฐอเมริกา

3.1.3.5 ออกทานอล บริษัท Sigma สหรัฐอเมริกา

3.1.3.6 โนนาแนล บริษัท Sigma สหรัฐอเมริกา

3.1.3.7 เดคคาแนล บริษัท Sigma สหรัฐอเมริกา

3.1.3.8 อัลเดคคาแนล บริษัท Sigma สหรัฐอเมริกา

3.1.3.9 ไโดเดคคาแนล บริษัท Sigma สหรัฐอเมริกา

3.1.3.10 ไตรเดคคาแนล บริษัท Sigma สหรัฐอเมริกา

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 ศึกษาตัวทำละลายที่เหมาะสม

การเตรียมเทียบนอบทำโดย ชั่งซีผึ้ง 24.25 กรัม ไม้จันทน์หอม ผิวมะกรูดแห้ง และ กายาน ซึ่งบดเป็นผงอย่างละ 0.25 กรัม เริ่มด้วยการหลอมซีผึ้งที่อุณหภูมิ 40°C. จนซีผึ้งอ่อนตัว หลังจากนั้นผสมผงไม้จันทน์หอม ผิวมะกรูดแห้ง และกายานลงในซีผึ้งหลอม นวดส่วนประกอบให้เข้ากัน กดให้เป็นแผ่นบาง ๆ วางใส่เทียนซึ่งเป็นฝ้ายดิบไว้ตรงกลาง ปั้นเป็นแท่งเส้นผ่าศูนย์กลาง ครึ่งนิ้ว โคนเทียนให้มีลักษณะคล้ายเกือกม้า

การศึกษาตัวทำละลายที่เหมาะสมในการดูดซับกลิ่นควันเทียบนอบทำโดย เปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของควันเหลวที่ได้ เมื่อใช้ตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ คือ โพรพิลีน ไกลคอล กลีเซอรอล และน้ำ โดยจุดเทียนอบที่ได้ เป็นเวลา 30 วินาที แล้วดับ วางเทียบนอบลงใน โถดูดความชื้นปิดฝา ใช้เข็มดูดควันเทียบนอบผ่านตัวทำละลายดังกล่าวเป็นเวลา 5 นาที แล้วจุดเทียนอบใหม่ จนเทียบนอบหมด นำตัวอย่างควันเทียบนอบมาวิเคราะห์ในด้าน

3.2.1.1 องค์ประกอบทางเคมีของควันเหลวด้วย Gas Chromatography-Mass Spectrometer (GC-MS)

3.2.1.2 สารให้กลิ่นหลักในควันเทียบนอบด้วย Gas Chromatography-Olfactory (GC-O)

ทดลอง 3 ซ้ำ เปรียบเทียบชนิดและปริมาณสารให้กลิ่นหลักของควันเทียบนอบเพื่อเลือกตัวทำละลายที่เหมาะสมต่อการดูดซับควันเทียบนอบ

3.2.2 ศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการผลิตกลิ่นควันเหลวจากเทียบนอบ

นำส่วนผสมทั้งหมดที่ใช้ในการผลิตเทียบนอบตามข้อ 3.2.1 (ไม่มีได้เทียน) มาใส่ในขวดแก้วกันกลมแล้วนำไปให้ความร้อนด้วยเตาหลุมที่อุณหภูมิต่างกัน 5 ระดับ คือ 120 140 160 180 และ 200°C. เป็นเวลา 4 6 และ 8 ชั่วโมง สารระเหยถูกเป่าด้วยไนโตรเจนผ่านตัวทำละลายที่เหมาะสมจากข้อ 3.2.1 นำสารละลายที่ได้ในแต่ละสภาวะมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของควันเหลวด้วย Gas Chromatography-Mass Spectrometer (GC-MS) เพื่อเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตควันเหลวโดยการให้ความร้อนส่วนผสมเทียบนอบโดยตรง

3.2.3 ศึกษาการใช้ควันเทียบนอบในขนมกลีบลำดวน

นำควันเทียบนอบในตัวทำละลายที่เหมาะสมจากข้อ 3.2.2 มาใช้ในขนมกลีบลำดวน ในปริมาณร้อยละ 3 6 12 และ 15 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด นำขนมที่ได้มาทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความเข้มข้น โดยใช้วิธีเปรียบเทียบความแตกต่างจากตัวอย่างควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Different from control) (ภาคผนวก ข) โดยใช้ผู้ทดสอบซึ่งเป็นนักศึกษาระดับปริญญาโท และปริญญาเอก คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จำนวน 25 คน ที่ผ่านการฝึกฝนเป็นเวลา 60 ชั่วโมง โดยใช้ชนมกลีบลำควนที่อบควันเทียนด้วยวิธีดั้งเดิมเป็นตัวอย่างควบคุม

ทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติตามแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Dunnet's Test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS Version 11 เพื่อหาปริมาณกลิ่นควันเทียนเหลวที่เหมาะสมสำหรับการใช้ในชนมกลีบลำควน

3.2.4 ศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาวันเหลว

นำควันเหลวที่ได้จากข้อ 3.2.2 มาบรรจุในขวดสีชาขนาด 20 มิลลิลิตร แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน คือ 5 10 และ 30°C. เป็นระยะเวลา 3 เดือน ทดลอง 3 ซ้ำ ติดตามผลทุก ๆ เดือนในด้าน

3.4.4.1 องค์ประกอบทางเคมีของควันเหลวด้วย GC-MS เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงชนิดและปริมาณขององค์ประกอบทางเคมีของควันเหลว

3.4.4.2 นำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความเข้มของกลิ่นของควันเทียนเหลวจากการดมโดยตรง ใช้วิธีเปรียบเทียบความแตกต่างจากตัวอย่างควบคุม (Different from control) (ภาคผนวก ข) โดยใช้ผู้ทดสอบซึ่งเป็นนักศึกษาระดับปริญญาโท และปริญญาเอก คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังจำนวน 25 คน ที่ผ่านการฝึกฝนเป็นเวลา 60 ชั่วโมง โดยใช้ควันเหลวที่ผลิตใหม่เป็นตัวควบคุม วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติตามแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Dunnet's Test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS Version 11 เพื่อหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาวันเหลว

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ศึกษาตัวทำละลายที่เหมาะสม

4.1.1 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของสารหอมระเหยด้วย Gas Chromatography-Mass Spectrometer (GC-MS)

การศึกษาศักยภาพที่เหมาะสมในการจับสารระเหยในควันเทียนอบโดยใช้โพรพิลีนไกลคอล (propylene glycol) กลีเซอรอล (glycerol) และน้ำ (odor less water) เมื่อนำสารละลายที่ได้มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสารหอมระเหยด้วย Gas Chromatography-Mass Spectrometer (GC-MS) ได้ผลดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ชนิดและปริมาณสารให้กลิ่นในควันเทียนอบซึ่งใช้ตัวทำละลายเป็น โพรพิลีนไกลคอล กลีเซอรอล และน้ำ

องค์ประกอบเคมี	ความเข้มข้น (ppb)		
	โพรพิลีนไกลคอล	กลีเซอรอล	น้ำ
อัลดีไฮด์			
เฮกซานัล	12.43 ± 0.21	2.84 ± 0.17	-
เฮปทานัล	24.60 ± 0.69	2.28 ± 0.51	-
ออกทานัล	26.93 ± 0.55	3.54 ± 0.62	-
โนนาแนล	28.94 ± 0.76	1.84 ± 0.84	-
เดคาแนล	51.9 ± 0.92	-	-
อัลเดคาแนล	9.03 ± 0.55	-	-
โดเดคาแนล	6.18 ± 0.86	-	-
ไตรเดคาแนล	6.59 ± 0.56	-	-
เททาเดคาแนล	6.90 ± 0.93	-	-
เพนทาเดคาแนล	5.93 ± 0.88	-	-
เฮกซาเดคาแนล	6.12 ± 0.42	-	-
เฮปทาเดคาแนล	5.38 ± 0.83	-	-
คีโตน			
2-เฮปทาโนน	2.74 ± 0.14	0.89 ± 0.27	-
2-ออกทานโนน	1.43 ± 0.19	-	-
2-โนนาโนน	1.17 ± 0.07	-	-
2-เดคาโนน	1.04 ± 0.12	0.25 ± 0.14	-
2-อัลเดคาโนน	0.74 ± 0.04	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

องค์ประกอบเคมี	ความเข้มข้น (ppb)		
	โฟโพลีนไกลคอล	กลีเซอรอล	น้ำ
อัลเคน			
เดเคน	4.51±0.13	19.30±0.98	1.66±0.34
อัลเดเคน	3.30±0.25	21.13±1.94	0.87±0.60
โดเดเคน	2.70±0.75	12.06±1.74	7.60±0.71
ไตรเดเคน	1.15±0.81	5.14±0.91	7.20±0.62
เตตราเดเคน	2.64±0.23	22.80±0.89	3.4± 0.12
เพนตาเดเคน	10.89±1.08	73.0±1.1	2.64±0.27
เฮกซาเดคาแนล	31.62±0.91	10.89±0.71	4.60±0.38
เฮปทาเดคาแนล	48.61±1.58	5.72±1.20	5.60±0.68
ออกทาเดเคน	33.21±1.80	3.88±0.78	7.03±0.29
โนนาเดเคน	44.69±1.30	7.41±1.36	4.50±0.42
อิโคเซน	82.32±2.79	17.21±0.70	8.27±0.18
ฮีโรโคเซน	52.35±2.14	3.24±0.92	6.87±0.85
โดโคเซน	30.92±1.98	12.81±1.22	2.09±0.53
ไตรโคเซน	150.34±1.72	98.64±1.08	8.57±0.78
เตตราโคเซน	45.21±1.85	55.47±1.26	41.02±0.75
เฮปทาโคเซน	1059.38±2.22	7.10±0.42	10.67±0.61
ออกทาโคเซน	45.10±2.80	3.22±1.11	25.14±0.43
โนนาโคเซน	53.17±2.63	310.2±1.19	66.10±0.96
เพนทาโคเซน	38.72±7.41	4.86±2.03	12.01±0.51
เฮกทาโคเซน	54.21± 5.13	6.31± 2.63	4.88± 0.58
อัลคีน			
1-โนนีน	88.83± 1.74	3.28± 2.18	14.14± 1.27
1-เดซีน	45.09± 3.02	11.32± 1.17	9.73± 1.23
1-อัลเดซีน	31.99± 1.70	6.92± 1.35	9.54± 0.10
1-โดเดซีน	19.82± 2.76	5.15± 1.07	27.64± 0.71
1-ไตรเดซีน	7.93± 2.71	5.92± 1.02	22.76± 0.45
1-เททาเดซีน	11.70± 1.98	4.23± 1.28	10.52± 0.52
1-เพนทาเดซีน	10.89± 2.32	4.22± 1.32	77.6± 0.95
1-เฮกซาเดซีน	2.13± 1.40	3.05± 2.45	7.75± 1.55
1-เฮปทาเดซีน	6.16± 1.29	3.65± 1.54	4.99± 1.04
5-อิโคซีน	37.33± 2.01	1.79± 1.09	5.73± 0.42
1-โนนีนเดซีน	2.95± 4.84	1.58± 2.38	4.58± 0.69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ... เพื่อการศึกษาเท่านั้น... นำไปใช้... ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารที่ให้กลิ่นของควันเทียนอบเมื่อใช้ตัวทำละลายที่ต่างกัน พบว่าสารที่พบมากอยู่ในกลุ่ม อัลคีน รองลงมาเป็น กลุ่มอัลเคน อัลดีไฮด์ และคีโตน ตามลำดับ โดยจะพบสารเหล่านี้มากที่สุดเมื่อใช้ตัวทำละลาย โพรไพลีนไกลคอล กลีเซอรอล และน้ำ ตามลำดับ เนื่องจากค่าความมีขั้วของสารให้กลิ่นของควันเทียนอบมีค่าใกล้เคียงกับโพรไพลีนไกลคอล มากกว่า กลีเซอรอล และน้ำตามลำดับ (Mcmurry, 1989)

4.1.2 สารให้กลิ่นหลักในควันเทียนอบจาก Gas Chromatography-Olfactory

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของควันเทียนอบจากข้อ 4.1.1 พบว่าควันเทียนอบประกอบด้วยสารจำนวนมากมีทั้งที่ให้กลิ่นและไม่ให้กลิ่น เพื่อแยกองค์ประกอบที่ให้กลิ่นหลักในควันเทียนอบจึงใช้ Gas Chromatography-Olfactory (GC-O) และวิเคราะห์สารด้วยวิธี Aroma extract dilution analysis (AEDA) ค่า Log_3FD factor ลักษณะกลิ่น และความเข้มข้นที่ได้จากการทดลองแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ลักษณะกลิ่น RI และ Log_3FD factor ของสารให้กลิ่นที่สำคัญในควันเทียนอบที่ใช้ตัวทำละลายต่างกัน

องค์ประกอบเคมี	ลักษณะกลิ่น	RI		Log_3FD -factor		
		HP-5	DB-wax	โพรไพลีนไกลคอล	กลีเซอรอล	น้ำ
อัลดีไฮด์						
เฮกซาแนล	กลิ่นหญ้า	798	1103	2.00	0.67	-
เฮปทาแนล	หวานเหมือนผลไม้	904	1179	2.67	1.00	-
ออกทาแนล	ผิวส้ม	1004	1284	3.67	2.00	-
โนนาแนล	ส้ม ผิวมะกรูด	1104	1362	3.00	1.67	-
เดคาแนล	ผิวส้ม	1205	1487	4.00	-	-
อัลเดคาแนล	ไขมัน	1306	1692	3.67	-	-
โดเดคาแนล	ไขมัน น้ำมัน	1409	1746	0.67	-	-
คีโตน						
2-เฮปทาโนน	พลาสติก	903	1178	2.67	0.67	-
2-ออกทาโนน	กลิ่นโลหะ	1003	1283	1.00	-	-
2-โนนาโนน	กลิ่นโลหะ	1103	1361	0.67	-	-
2-เดคาโนน	พลาสติก	1203	1486	2.67	1.00	-
2-อัลเดคาโนน	พลาสติก	1305	1691	0.67	-	-

จากตารางที่ 4.2 พบว่าสารประกอบกลุ่มอัลดีไฮด์คือสารที่ให้กลิ่นหลักแก่ควันเทียนอบ ทำให้เทียนอบมีลักษณะกลิ่นหวาน โดยเดคาแนล มีค่า Log_3FD factor มากที่สุดตามด้วยออกทาแนล อัลเดคาแนล โนนาแนล เฮปทาแนล เฮกซาแนล และโดเดคาแนล ตามลำดับนอกจากนี้ยังไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พบสารประกอบคีโตนซึ่งเป็นสารสำคัญอีกชนิดหนึ่งที่ทำให้ลักษณะกลิ่นคล้ายพลาสติกในปริมาณน้อย สารประกอบคีโตนที่มีค่า $\text{Log}_3 \text{FD factor}$ มากที่สุดคือ 2-เฮพทาโนน และ 2-เดคาโนน โดยสารประกอบอัลดีไฮด์และคีโตนเหล่านี้จะมีค่า $\text{Log}_3 \text{FD factor}$ มากที่สุดเมื่อใช้ไฟรไฟลีนไกลคอลเป็นตัวจับควัน การที่มีสารประกอบในกลุ่มอัลดีไฮด์ คีโตน อัลเคนและอัลคีน ในกลิ่นควันเทียนอบมากเนื่องจากสารกลุ่มนี้เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันในส่วนผสมเทียนอบ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นกรดปาล์มมิติก (palmitic acid) ที่มีมากในขี้ผึ้ง เมื่อกรดปาล์มมิติกถูกให้ความร้อน การสลายตัวของกรดปาล์มมิติกในตำแหน่งแรกของคาร์บอนอะตอม จะทำให้เกิดสารประกอบอัลเคนหรืออัลคีน และสารประกอบอัลเคนและอัลคีนนี้สามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันต่อไปกลายเป็นสารประกอบอัลดีไฮด์และคีโตน ส่วนการสลายตัวของกรดปาล์มมิติกในตำแหน่งที่สองของคาร์บอนอะตอม คาร์บอนอะตอมจะหลุดไปเพียงหนึ่งตำแหน่งจะทำให้ได้สารประกอบอัลดีไฮด์ (Kimoto and Gaddis, 1969)

4.2 ศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมต่อการผลิตควันเหลวจากเทียนอบ

4.2.1 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี

องค์ประกอบทางเคมีของควันเทียนอบซึ่งเกิดจากการนำส่วนประกอบของเทียนอบไม่รวมไส้เทียน ได้แก่ ขี้ผึ้ง ผิวมะกรูด ไม้จันทน์หอม และกำยาน มาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 120 140 160 180 และ 200°C. โดยใช้เวลา 4 6 และ 8 ชั่วโมง และใช้ไฟรไฟลีนไกลคอลเป็นตัวจับสารจากควันที่ได้ เมื่อนำควันเหลวจากเทียนอบที่ได้มาวิเคราะห์ด้วย GC-MS ได้ผลดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ชนิดและปริมาณของสารให้กลิ่นในควันเทียนหลอดเพื่อให้ความเข้มข้นกับส่วนประกอบที่ใช้ผลิตเทียนอบโดยตรงที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน

องค์ประกอบเคมี	ปริมาณสาร (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)															
	120 °ซ.			140 °ซ.			160 °ซ.			180 °ซ.			200 °ซ.			
	4 ชม.	6 ชม.	8 ชม.	4 ชม.	6 ชม.	8 ชม.	4 ชม.	6 ชม.	8 ชม.	4 ชม.	6 ชม.	8 ชม.	4 ชม.	6 ชม.	8 ชม.	
อัลดีไฮด์																
เฮกซานัล	-	34.98	274.15	9.20	64.59	81.34	465.20	270.68	69.29	105.73	11.36	168.53	189.24	37.61	94.27	
ออกทาลนัล	57.64	143.82	1240.89	99.08	476.59	1177.02	3058.05	1355.25	714.75	557.69	291.51	715.01	952.49	238.63	25.27	
โนนาลนัล	-	238.93	2098.12	-	1245.50	667.49	5926.87	139.26	955.81	988.19	749.59	303.78	2150.56	1076.54	237.57	
เดคาแนล	152.29	1021.55	5226.75	891.78	4379.39	11477.72	12525.79	5418.50	3603.65	3258.42	2379.83	4140.96	4644.61	16409.28	70.82	
อัลเดคาแนล	-	-	-	-	159.56	2952.77	912.78	206.39	122.74	78.01	74.68	217.74	41.00	-	-	
โดเดคาแนล	-	-	-	-	230.78	441.55	1110.51	148.49	-	187.18	533.50	-	-	72.50	609.88	
ไตรเดคาแนล	-	-	-	-	-	341.83	-	-	101.34	29.86	351.72	101.05	39.39	-	818.45	
เฮกซาดีนัล	-	-	-	-	-	-	51.69	74.50	9.59	33.49	-	24.98	60.55	-	-	
โนนีนัล*	-	-	-	-	-	690.17	1390.91	635.00	181.19	236.88	-	298.72	399.28	-	300.83	
เดทีนัล	-	-	454.69	4.22	123.28	3043.06	9066.63	1445.23	1196.63	765.56	-	966.49	585.62	-	767.56	
เดคาไดเอด	-	-	-	-	-	207.12	945.32	45.34	65.48	-	-	-	-	-	-	
อัลเดคาไดเอด	-	-	-	-	583.44	2613.50	3566.75	38.94	90.85	-	-	72.72	-	-	453.94	
ไตรเดคาไดเอด	-	-	-	-	-	7911.69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
โดเดคาไดเอด	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
อัลคีน																
ทามีน	-	-	64.39	-	58.39	-	157.67	139.77	20.43	-	-	-	76.89	-	-	
ไซมีน	-	-	-	-	-	54.72	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
ลิโมนีน	-	19.56	126.22	13.43	69.83	34.12	-	753.28	-	15.06	-	35.96	638.56	90.56	94.50	

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

องค์ประกอบ เคมี	ปริมาณสาร (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)														
	120°ซ.			140°ซ.			160°ซ.			180°ซ.			200°ซ.		
	4 ชม.	6 ชม.	8 ชม.	4 ชม.	6 ชม.	8 ชม.	4 ชม.	6 ชม.	8 ชม.	4 ชม.	6 ชม.	8 ชม.	4 ชม.	6 ชม.	8 ชม.
เบนซีน	-	-	48.72	7.44	-	-	-	-	-	-	4.76	-	-	-	-
โทลูอีน	-	23.33	294.17	13.50	193.22	-	45.88	23.50	47.18	104.88	27.66	-	269.28	45.67	-
ไซปรีนไฮดรอก	-	48.48	154.72	7.99	128.67	96.23	74.61	274.17	91.33	-	86.86	-	-	23.72	-
โคเปอีน	8.40	86.82	301.55	325.61	1178.39	5.73	302.78	342.33	183.09	290.94	589.39	381.54	332.61	417.28	431.28
คาโยทีน	17.50	187.30	782.66	70.50	1480.56	397.74	40.55	394.11	351.30	232.39	646.72	351.50	268.50	646.72	22.66
อัลมาเตนดีน	-	131.50	508.55	34.39	870.44	892.35	126.77	314.61	160.27	97.09	530.50	-	77.28	243.40	-
เมพทาลิน	60.33	453.83	1328.50	156.26	4535.173	7405.73	82.45	2233.45	719.14	6.22	2391.33	1025.67	-	846.27	1655.45
คาร์ทีน	-	-	-	4.50	-	144.24	30.56	100.50	34.56	8.65	-	65.33	29.28	-	247.78
มิวเคทีน	-	123.53	235.66	8.17	424.72	299.73	97.78	100.89	76.69	1438.68	421.67	33.59	5.39	228.99	2580.56
อัลเคน	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
โมนน	-	-	131.66	-	-	-	-	-	-	92.06	75.39	67.26	-	-	-
เคเคน	-	-	-	-	-	-	-	-	-	71.68	75.39	61.78	20.55	-	-
อัลเคเคน	-	-	175.66	-	-	104.78	-	-	-	75.56	-	124.47	116.23	-	-
โคเคเคน	-	285.33	105.72	-	335.45	-	124.83	-	-	37.43	-	56.09	1688.50	-	-
ไทรเคเคน	-	416.40	88.71	-	1202.34	329.92	82.39	86.61	20.57	79.14	140.66	119.38	80.22	-	57.72
เพพธาเคเคน	-	424.63	121.99	47.81	1526.23	496.75	94.55	140.56	64.31	94.47	285.83	62.56	105.28	37.55	-
เพพทาเคเคน	71.15	2433.95	475.12	247.61	8340.28	2155.24	43.39	578.61	531.55	747.64	3030.55	906.87	492.22	274.66	2028.99
เฮกซาเคเคน	40.71	242.70	295.33	57.09	989.34	511.60	101.45	693.72	290.42	138.68	321.67	251.80	75.50	115.12	117.45
เฮพทาเคเคน	83.28	209.81	674.64	495.89	4968.44	3727.59	331.44	1587.72	998.80	139.86	3296.72	1746.72	795.67	-	545.64

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

ปริมาณสาร (ไมโครกรัมต่อมิลลิเมตร)

องค์ประกอบ เคมี	120°ซ.				140°ซ.				160°ซ.				180°ซ.				200°ซ.			
	4 ชม.	6 ชม.	8 ชม.	8 ชม.	4 ชม.	6 ชม.	8 ชม.	8 ชม.	4 ชม.	6 ชม.	8 ชม.	8 ชม.	4 ชม.	6 ชม.	8 ชม.	8 ชม.	4 ชม.	6 ชม.	8 ชม.	8 ชม.
ออกพาทาเคน	9.06	120.92	20.55	82.97	562.44	317.95	55.45	169.27	110.72	118.67	202.72	74.64	27.34	-	739.55					
โฌมาเคน	-	280.76	393.25	120.66	1756.61	1532.79	95.67	1581.28	499.68	1734.30	1610.33	2989.50	485.44	1314.77	370.70					
อีโคเซน	-	92.06	124.22	27.27	354.11	22.48	895.33	100.11	56.77	417.07	75.28	77.13	69.28	-	-					
อีพีโคเซน	-	91.00	238.67	46.50	552.61	175.63	472.44	741.94	512.41	2339.31	823.72	4428.54	464.33	1345.17	30921.27					
โคโคเซน	-	31.32	111.26	23.01	177.45	87.93	83.44	136.40	866.49	12.60	118.50	774.76	186.72	185.33	46999.38					
ไตรโคเซน	-	124.67	418.47	154.72	19.13	306.97	177.39	1967.61	621.74	156.41	2192.06	418.03	-	-	6328.45					
เตตราโคเซน	-	-	-	-	-	-	121.79	117.30	72.79	853.83	172.72	1027.66	434.34	4293.25	10918.00					
เพนทาโคเซน	-	89.57	616.59	173.83	531.12	892.35	1109.56	2314.00	77.14	5743.34	3598.12	10637.65	391.44	4821.33	3611.22					
เฮกซาโคเซน	-	-	-	-	-	-	-	-	145.55	712.70	241.29	47.12	-	-	6770.56					
ปรีด	154.50	14142.24	14389.43	7658.03	30387.22	2831.14	5790.77	1633.39	188.11	39502.21	31766.66	3289.97	760.66	1090.95	1302.88					
เฮพทาโคเซน	-	665.74	1165.24	716.69	601.92	1711.31	2473.45	5001.44	2756.66	7879.95	8654.72	1333.86	4358.17	9267.83	50196.22					
โฌนาโคเซน	-	61.50	249.52	691.05	912.52	735.67	1728.02	2231.83	705.33	3287.42	3020.21	245.68	98.28	314.66	385.55					
ออกทาโคเซน	-	-	-	-	-	138.55	895.33	274.44	28.87	337.66	166.60	667.11	3467.98	890.52	11688.40					
กรด																				
บิวทาลิก	-	-	-	-	-	-	-	-	33.44	-	17.39	-	82.39	-	25.50					
เบนโทลิก	71.22	-	-	115.39	-	-	44.23	1347.39	1237.31	3771.90	-	-	11340.61	-	-					
โฌมาโนลิก	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.34	-	-					
โพพานอลิก	-	-	183.86	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14.89	-	-					
เดคาโนลิก	-	-	118.45	-	-	-	-	-	-	33.37	-	-	33.66	-	169.11					

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

องค์ประกอบ เคมี	ปริมาณสาร (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)															
	120°ซ.			140°ซ.			160°ซ.			180°ซ.			200°ซ.			
	4 ชม.	6 ชม.	8 ชม.	4 ชม.	6 ชม.	8 ชม.	4 ชม.	6 ชม.	8 ชม.	4 ชม.	6 ชม.	8 ชม.	4 ชม.	6 ชม.	8 ชม.	
อัลเดคานีนิก	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	187.06
โดเดคานีนิก	-	-	-	-	-	-	-	-	-	41.37	-	-	99.13	15.01	-	286.50
เททราเดคานีนิก	-	-	-	-	-	-	-	-	-	39.01	-	-	115.64	-	-	549.50
เพนทาเดคานีนิก	-	-	-	18.77	-	-	98.61	111.98	-	-	-	-	-	-	74.56	-
เฮกซาเดคานีนิก	-	-	-	-	-	81.00	43.28	-	-	1736.83	-	-	105.55	520.45	386.50	18645.72
โอลีนิก	-	-	-	-	-	-	-	-	-	180.55	-	-	51.57	20.28	-	9344.55
เฮปทาเดคานีนิก	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	715.94	-	-	-	-
เพรพทานีนิก	-	-	242.21	-	-	-	-	-	-	15.59	-	-	-	-	-	-
เอสเตอร์																
เมทิลเบนโซเอต	-	132.15	-	-	3170.22	1076.96	207.67	1536.61	-	-	-	3327.67	6332.37	-	168.45	33924.40
เพนทิลเบนโซเอต	-	-	-	-	-	-	-	-	-	42.48	-	-	-	92.78	-	-
อัลลิลเบนโซเอต	-	-	-	-	132.76	-	-	-	-	17.84	-	-	-	-	-	-
เมทิลคาเฟท	-	-	-	-	137.17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
เบนซิลเบนโซเอต	-	-	119.31	51.80	604.12	1602.20	197.33	1500.39	593.19	598.54	673.88	1085.142	408.11	364.61	6106.39	-
เมทิลปาล์มไมเตรท	-	-	-	-	438.04	-	-	151.67	2827.42	2827.43	348.42	6807.22	-	-	-	-
เมทิลสเตียเรท	-	-	-	-	-	-	-	-	25.14	5.14	-	-	-	-	-	-
ออกไซด์																
ซิลิโคนไดออกไซด์	90.03	188.02	611.50	86.44	1340.39	1550.67	1170.67	329.39	771.36	611.85	1109.23	782.43	1219.61	292.50	-	-
ทรานซิลันไดออกไซด์	36.79	70.87	262.06	221.55	705.61	-	654.28	608.39	864.14	-	533.72	-	-	-	1405.89	-
โรตออกไซด์	19.61	-	576.28	105.44	446.56	300.47	317.50	380.61	360.33	359.50	77.83	498.28	-	114.44	843.50	-

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

องค์ประกอบ เคมี	ปริมาณสาร (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)														
	120°ซ.			140°ซ.			160°ซ.			180°ซ.			200°ซ.		
	4 ชม.	6 ชม.	8 ชม.	4 ชม.	6 ชม.	8 ชม.	4 ชม.	6 ชม.	8 ชม.	4 ชม.	6 ชม.	8 ชม.	4 ชม.	6 ชม.	8 ชม.
ฟูแรน	-	-	-	-	63.50	-	108.78	-	24.82	36.75	-	0.53	164.57	155.00	110.06
เพอฟูรีล	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	262.50	-	-	-
ฟูแรนคาร์บอน	-	-	335.44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ซัลฟิด	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
แอลกอฮอล์	-	-	-	-	315.06	-	-	112.50	92.29	-	-	-	-	-	-
ดีนัลบอล	-	-	-	-	88.67	-	100.50	219.50	42.61	71.81	-	-	117.72	114.45	251.39
ไดโซทิวเอคัล	-	-	81.33	4.28	171.39	-	124.83	464.72	128.77	-	-	-	-	-	-
เพอพิเนอล	-	-	252.34	-	-	-	-	77.83	-	-	-	-	-	-	-
เบต้าซี	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
โทเนลลิต	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
อื่น ๆ	-	-	-	-	-	-	32.15	124.17	134.55	-	-	-	-	-	-
แคมเฟอร	-	-	-	-	-	-	507.78	849.06	506.52	-	-	36.78	259.72	248.83	-
ซิโทเนลลา	-	188.76	283.18	50.61	1135.61	-	487.05	-	-	-	180.34	-	-	-	-
Unknown	-	71.22	82.21	71.08	124.53	300.89	321.14	200.14	115.36	43.22	-	-	-	-	-
Unknown	-	21.36	35.67	22.35	89.47	208.35	241.03	108.27	88.74	57.54	-	-	-	-	-
Unknown	-	107.24	110.39	108.43	208.64	1054.36	1070.24	412.32	201.32	79.83	23.22	-	-	-	-
Unknown	-	64.14	72.83	71.49	249.54	708.28	788.21	200.39	233.35	59.21	18.54	-	-	-	-
Unknown	-	47.54	64.22	63.13	199.28	700.21	701.47	187.32	189.74	44.14	-	-	-	-	-
Unknown	-	33.68	50.09	48.99	108.47	987.32	999.22	178.21	105.21	32.23	-	-	-	-	-

เมื่อแยกพิจารณาชนิดและปริมาณสารที่ได้จากการให้ความร้อนแต่ละอุณหภูมิ พบว่า

ที่อุณหภูมิ 120°ซ. การให้ความร้อนเป็นเวลา 4 ชั่วโมง ชนิดและปริมาณสารที่เกิดขึ้นจะน้อยที่สุด แต่จะเพิ่มขึ้นเมื่อใช้เวลานานขึ้น สารกลุ่มอัลดีไฮด์ซึ่งเป็นสารให้กลิ่นที่สำคัญของควันเทียนอบพบได้น้อยเมื่อใช้อุณหภูมินี้

ที่อุณหภูมิ 140°ซ. การให้ความร้อนที่อุณหภูมินี้เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ชนิดและปริมาณสารที่ได้จะใกล้เคียงกับเมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 120°ซ. เป็นเวลา 8 ชั่วโมง อย่างไรก็ตามเมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 140°ซ. พบว่า ปริมาณสารจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อใช้เวลานานขึ้น เช่นเดียวกัน เมื่อใช้เวลา 8 ชั่วโมง พบว่าสารที่ได้ส่วนใหญ่เป็นสารในกลุ่มอัลดีไฮด์ โดยสารที่มีปริมาณมากที่สุดคือ เดคคาแนล ออกทาทาแนล และ อัลเดคคาแนล เมื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีระหว่างกลิ่นควันเหลวที่ได้จากการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 140°ซ. กับกลิ่นควันเทียนที่เกิดจากการจุดเทียนตามปกติ พบว่าปริมาณและชนิดขององค์ประกอบทางเคมีมีปริมาณใกล้เคียงกัน และที่สภาวะนี้มีสารให้กลิ่นในกลุ่มกรดและเอสเทอร์เกิดขึ้นน้อยเนื่องจากความร้อนไม่เพียงพอต่อการทำลายโครงสร้างของกรดปาล์มมิติกที่เป็นโครงสร้างหลักในขี้ผึ้ง (Tulloch, 1980)

ที่อุณหภูมิ 160°ซ. การให้ความร้อนที่อุณหภูมินี้เป็นเวลา 4 ชั่วโมง พบสารประกอบในกลุ่มอัลดีไฮด์ โดยเฉพาะเดคคาแนลในปริมาณมากที่สุด ตามด้วย โนนาแนล และออกทาทาแนล และพบว่าปริมาณสารจะใกล้เคียงกับปริมาณสารในกลุ่มอัลดีไฮด์ที่พบในควันเทียนอบมากที่สุด นอกจากนั้นการเผาที่อุณหภูมินี้ยังพบสารในกลุ่มกรดและเอสเทอร์ ซึ่งไม่พบเมื่อเผาที่อุณหภูมิ 140 และ 120°ซ. และเมื่อให้ความร้อนนานขึ้น พบว่าปริมาณอัลดีไฮด์และแอลกอฮอล์จะลดลง แต่ปริมาณกรดและเอสเทอร์จะเพิ่มขึ้น เนื่องจากการให้ความร้อนเป็นเวลานานทำให้โครงสร้างของอัลดีไฮด์ที่เกิดขึ้นในตอนแรกถูกเปลี่ยนเป็นสารประกอบอัลเคนและอัลคีน (Pan et.al, 2004) การให้ความร้อนที่อุณหภูมินี้เป็นเวลานานขึ้น จะพบสารในกลุ่มอัลเคน อัลคีน กรด และ เอสเทอร์เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิสูงเพียงพอที่จะทำให้เกิดการทำลายโครงสร้างของกรดปาล์มมิติก

ที่อุณหภูมิ 180°ซ. การให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 180°ซ. จะพบสารทั้งหมด 7 กลุ่ม กลุ่มที่มีปริมาณมากที่สุด คือกลุ่มอัลเคน สารที่มีปริมาณมากรองลงมาคือ เอสเทอร์ ตามด้วยอัลดีไฮด์และกรด เมื่อให้ความร้อนเป็นเวลา 4 ชั่วโมง พบว่าสารที่เกิดขึ้นมีชนิดและปริมาณใกล้เคียงกับเมื่อใช้อุณหภูมิ 160°ซ. แต่จะมีปริมาณอัลดีไฮด์น้อยกว่า เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้อัลดีไฮด์สลายตัวและทำให้สารในกลุ่มเอสเทอร์มีปริมาณมากขึ้นจากการแตกตัวของกรดปาล์มมิติก ปริมาณสารในกลุ่มอัลดีไฮด์จะลดลงเมื่อให้ความร้อนนานขึ้น ในขณะที่สารในกลุ่มอัลเคน อัลคีน และเอสเทอร์ ซึ่งมีขนาดโมเลกุลเล็กจะเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากความร้อนและระยะเวลาทำให้เกิดการแตกตัวของสารที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่อุณหภูมิ 200^oซ. พบสารในกลุ่มกรดและเอสเทอร์ทั้งชนิดและปริมาณมากกว่าการให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่ำ สารในกลุ่มอัลดีไฮด์มีทั้งชนิดและปริมาณน้อยเนื่องจากการสลายตัวจากความร้อน การให้ความร้อนเป็นเวลานานขึ้นจะทำให้ปริมาณสารในกลุ่มอัลดีไฮด์ลดลง แต่สารในกลุ่มอัลเคน อัลคีน กรด และเอสเทอร์จะเพิ่มมากขึ้น

จะเห็นว่าอุณหภูมิและระยะเวลาในการให้ความร้อนจะมีผลต่อชนิดและปริมาณสารประกอบในควันเหลวที่ได้ พบว่าสารที่มีมากในควันเหลวจากเทียนอบ คือสารในกลุ่มอัลเคนและอัลคีน ส่วนสารในกลุ่มอัลดีไฮด์พบมากเมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 160^oซ. เป็นเวลา 4 ชั่วโมง และ 140^oซ. เป็นเวลา 8 ชั่วโมง ตามลำดับ เมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 160^oซ. ปริมาณอัลดีไฮด์จะลดลงเนื่องจากเกิดการสลายตัวเป็นอัลเคนและอัลคีน (Pan *et al.*, 2004) สารในกลุ่มอัลดีไฮด์ที่พบมากได้แก่ เดคคาแนล (decanal) ออกทาแนล (octanal) และโนนาแนล (nonanal) ตามลำดับ

4.2.2 ศึกษาสารให้กลิ่นหลักในควันเหลว

จากการศึกษาที่ผ่านมา พบว่าสารที่เกิดขึ้นเมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิและเวลาต่างกันนั้นมีความแตกต่างกัน ดังนั้นในการคัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการให้ความร้อนเพื่อผลิตควันเหลวจากเทียนอบจึงต้องศึกษาสมบัติของสารที่เกิดขึ้นว่าสารใดเป็นสารที่ให้กลิ่นหลักของควันเทียน จึงใช้ Gas Olfactory Chromatography เพื่อศึกษาชนิดของสารและลักษณะของกลิ่นเมื่อใช้อุณหภูมิและเวลาต่างกัน ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.4

จากตารางที่ 4.4 แสดงลักษณะของกลิ่นและค่า \log_3 FD-factor ของสารที่เกิดขึ้นเมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน พบว่าการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 140 และ 160^oซ. ทำให้ค่า \log_3 FD factor ของสารประกอบอัลดีไฮด์สูงกว่าการให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่ำ และเมื่อเปรียบเทียบกับค่า \log_3 FD factor ของสารประกอบอัลดีไฮด์จากควันเทียนอบ (ตารางที่ 4.2) จะเห็นว่ามีความใกล้เคียงมากกว่าการให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่ำ และสารที่เกิดขึ้นจากการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 160^oซ. เป็นเวลา 4 ชั่วโมง มีความเข้มข้น (log₃FD Factor) ของออกทาลัน แดคาแนล โนนาแนล และ อัลเดคาแนล ใกล้เคียงกับควันเทียนอบมากที่สุด (ตารางที่ 4.2) ตามด้วยสารที่ได้จากการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 140^oซ. เป็นเวลา 8 ชั่วโมง และที่ 160^oซ. เป็นเวลา 6 ชั่วโมงตามลำดับ ความแตกต่างของความเข้มข้น (log₃FD Factor) ของสารให้กลิ่นหวานที่อยู่ในกลุ่มอัลดีไฮด์ระหว่างสารจากควันเทียนอบกับสารจากควันเหลวที่ได้จากการให้ความร้อนแก่ส่วนผสมที่ใช้ทำเทียนอบที่อุณหภูมิ 160^oซ. เป็นเวลา 4 ชั่วโมง คือ ค่าของเฮพทาแนล ซึ่งมีความเข้มข้น (log₃FD Factor) ในควันเทียนอบสูงกว่าในควันเหลวจากเทียนอบ นอกจากนี้ยังพบสาร ซาบินีน ลิโมนีน เทอร์พีน ซาบินีนไฮเดรท และคาร์ดีนีน ซึ่งให้กลิ่นคล้ายน้ำมันผิวมะกรูด เมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 140 และ 160^oซ.

การให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 120 180 และ 200^oซ. พบว่าสารประกอบที่เกิดขึ้นมีความแตกต่างจากสารประกอบที่มีในควันเทียนอบที่ได้จากการจุดตามปกติ การให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่ำ ความเข้มข้นของกลิ่น (log₃FD Factor) มีค่าน้อยกว่าเมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า อย่างไรก็ตาม การให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูง จะมีปริมาณกรดเบนโซอิก กรดโอเลอิก และเบนซิลเบนโซเอตในปริมาณสูง ทำให้ควันเหลวที่ได้มีกลิ่นฉุน และอัลดีไฮด์ที่พบมีค่า \log_3 FD Factor ต่ำ เนื่องจากอัลดีไฮด์เกิดการสลายตัวที่อุณหภูมิสูง ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตควันเหลวจากเทียนอบคือใช้อุณหภูมิ 160^oซ. เป็นเวลา 4 ชั่วโมง

4.3 ปริมาณควันเหลวที่เหมาะสมในขนมกลีบลำดวน

เมื่อนำกลิ่นควันเหลวที่ได้มาทดลองใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมกลีบลำดวนในปริมาณที่ต่างกันคือ ร้อยละ 3 6 12 และ 15 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด และนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความเข้มข้นของกลิ่นควันเหลวด้วยวิธีเปรียบเทียบความแตกต่างจากตัวอย่างควบคุม (Different from control) โดยใช้ตัวอย่างควบคุมคือขนมกลีบลำดวนที่อบด้วยควันเทียนแบบเดิม (ภาคผนวก ข) ได้ผลดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของคะแนนความแตกต่างของกลิ่นเทียนอบในขนมกลีบลำดวนเมื่อใช้ควัน
 เหลวในปริมาณต่างกันเปรียบเทียบกับการอบเทียนแบบดั้งเดิม

	ความแตกต่างของคะแนน			
	3	6	12	15
คะแนน ^{NS}	-0.68	-0.54	-0.33	-0.25

หมายเหตุ: NS หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมกลีบลำดวนที่ใช้ควันเหลวในปริมาณต่างกันเปรียบเทียบกับการอบเทียนแบบดั้งเดิม พบว่าการใช้ควันเหลวในปริมาณที่ต่างกันไม่ทำให้ความเข้มกลิ่นเทียนอบในขนมกลีบลำดวนแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ยังพบว่าเมื่อใช้ควันเหลวผสมในส่วนผสมขนมกลีบลำดวนทำให้ขนมที่ได้มีกลิ่นควันเทียนอ่อนกว่าการใช้การอบเทียนแบบดั้งเดิม จากผลการทดลองจะเห็นว่า การใช้ปริมาณควันเหลวในปริมาณร้อยละ 3 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมดซึ่งเป็นปริมาณต่ำที่สุดจึงเป็นปริมาณที่เหมาะสมในการนำมาผสมในขนมกลีบลำดวน

4.4 ศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาควันเหลว

เมื่อเก็บกลิ่นควันเทียนเหลวในขวดแก้วสีชาที่อุณหภูมิ 5 10 และ 30°ซ. เป็นเวลา 3 เดือน แล้วนำมาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบด้วย GC-MS และทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้วิธีเปรียบเทียบความแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมทุกเดือน ได้ผลดังตารางที่ 4.6 และ 4.7

ตารางที่ 4.6 สารให้กลิ่นในควมเข้มข้นหลายเมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 5 10 และ 30 °ซ เป็นเวลา 3 เดือน

องค์ประกอบเคมี	ปริมาณสาร (นาโนกรัมต่อลิตร)									
	5°ซ.			10°ซ.			30°ซ.			
	1 (เดือน)	2 (เดือน)	3 (เดือน)	1 (เดือน)	2 (เดือน)	3 (เดือน)	1 (เดือน)	2 (เดือน)	3 (เดือน)	
อัลดีไฮด์										
เฮกซาเนล	12.43± 0.24	11.35± 0.29	10.13± 0.58	9.28± 0.12	9.13± 0.54	8.21± 0.65	5.32± 0.34	5.12± 0.54	1.98± 0.85	-
เฮปทาเนล	24.26± 0.39	23.19± 0.53	17.12± 0.65	14.12± 0.79	20.53± 0.84	15.23± 0.48	10.35± 0.65	16.23± 0.76	10.13± 0.48	2.25± 0.92
ออกทาเนล	27.21± 0.47	26.12± 0.18	21.35± 0.12	18.21± 0.23	22.13± 0.75	19.99± 0.84	15.23± 0.93	15.13± 0.24	10.21± 0.75	4.98± 0.40
โนนาเนล	27.99± 0.15	26.35± 0.22	22.12± 0.34	18.53± 0.55	22.34± 0.86	18.48± 0.79	15.21± 0.68	19.48± 0.85	12.77± 0.31	5.43± 0.55
เดคาเนล	51.95± 0.97	47.50± 0.45	43.05± 0.78	38.48± 0.65	42.61± 0.94	33.27± 0.87	23.65± 0.36	39.80± 0.11	27.65± 0.26	15.13± 0.64
อัลดีคานเนล	9.13± 0.72	8.16± 0.38	6.19± 0.53	3.13± 0.32	6.61± 0.93	1.09± 0.77	-	-	-	-
โดเดคาเนล	6.48± 0.14	4.17± 0.21	1.86± 0.42	1.08± 0.62	2.45± 0.38	0.42± 0.47	-	-	-	-
ไตรเดคาเนล	6.23± 0.87	5.25± 0.83	4.26± 0.85	2.19± 0.84	2.24± 0.70	0.26± 0.32	-	-	-	-
เตตระเดคาเนล	6.34± 0.44	6.55± 0.19	4.76± 0.23	2.85± 0.43	5.83± 0.30	2.33± 0.34	-	-	-	-
เพนตะเดคาเนล	5.03± 0.31	4.56± 0.52	2.09± 0.67	1.58± 0.958	3.16± 0.65	1.29± 0.22	0.21± 0.87	20.12± 0.35	10.21± 0.98	1.02± 0.13
เฮกซะเดคาเนล	5.43± 0.27	30.10± 0.55	24.77± 0.21	19.27± 0.39	26.16± 0.30	16.90± 0.86	7.35± 0.32	24.07± 0.76	12.72± 0.56	3.08± 0.21
เฮปทาเดคาเนล	30.89± 0.15	27.34± 0.84	23.79± 0.33	20.13± 0.47	24.30± 0.84	17.72± 0.45	10.98± 0.85	21.71± 0.98	12.53± 0.47	7.12± 0.62

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

องศาประกอบเบคมี	ปริมาณสาร(มาในกรัมต่อลิตร)											
	5°๗			10°๗			30°๗					
	1 (เดือน)	2 (เดือน)	3 (เดือน)	1 (เดือน)	2 (เดือน)	3 (เดือน)	1 (เดือน)	2 (เดือน)	3 (เดือน)	1 (เดือน)	2 (เดือน)	3 (เดือน)
สถานะเริ่มต้น												
คีโตน												
2-เฮพทาโนน	2.15±0.14	1.43±0.12	0.75±0.01	1.43±0.21	0.33±0.04	-	0.65±0.02	-	-	-	-	-
2-ออกทาโนน	1.50±0.19	0.92±0.04	0.12±0.05	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2-โนนาโนน	1.20±0.07	0.32±0.09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2-เดคาโนน	1.12±0.12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2-อันเดคาโนน	0.80±0.04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
อัลเคน												
เดเคน	41.8.70±0.85	36.18±0.25	30.50±0.88	24.65±0.27	32.97±1.32	24.08±0.25	14.92±0.18	31.16±0.25	20.45±1.27	9.42±0.83		
อัลลเดเคน	36.1.17±0.18	30.84±0.98	25.57±0.67	20.3±1.02	30.24±0.66	24.37±0.66	18.32±0.64	27.80±0.97	19.49±2.83	10.93±1.92		
ไดเดเคน	41.8.70±0.92	41.20±0.62	40.54±0.1.34	39.85±0.73	36.47±0.48	31.07±0.78	25.51±0.72	32.49±1.45	23.12±0.77	13.46±0.85		
ไตรเดเคน	24.6.14±0.83	23.36±0.47	22.11±1.64	20.82±0.64	20.56±1.54	16.51±0.61	12.34±0.26	19.65±1.95	14.78±0.18	9.83±0.88		
เตตระเดเคน	24.0.46±0.42	22.66±0.80	21.28±0.25	19.86±0.83	20.17±2.85	16.31±1.95	12.32±0.13	18.16±0.64	12.29±1.92	6.23±0.86		
เพนทาเดเคน	71.3.10±0.11	65.10±0.64	58.90±0.25	52.51±0.92	64.15±1.97	57.00±2.65	49.63±1.98	57.08±0.72	42.85±2.23	28.19±1.65		
เฮกซาเดเคน	42.77±0.65	39.72±0.48	36.67±1.85	33.53±2.49	35.10±0.43	27.43±1.29	19.54±0.87	32.89±0.47	230.12±0.92	128.30±0.45		
เฮปทาเดเคน	42.19±0.77	35.71±0.93	29.23±2.19	22.56±4.85	33.94±0.85	19.79±0.84	8.24±0.92	29.03±1.24	15.87±1.44	2.32±0.04		
ออกทาเดเคน	37.49±0.63	36.39±0.22	35.30±2.33	34.17±0.93	33.64±0.92	29.80±0.24	25.84±1.85	31.72±0.44	25.95±2.43	20.01±1.86		
โนนาเดเคน	46.82±0.89	45.73±1.79	44.63±4.21	43.46±1.23	44.51±1.38	42.21±1.97	39.83±0.29	41.37±0.79	35.91±2.11	30.28±1.74		

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

องคป์ระกอบเคมี	ปริมาณสาร (นาโนกรัมต่อลิตร)											
	5°ซ.				10°ซ.				30°ซ.			
	1 (เดือน)	2 (เดือน)	3 (เดือน)	1 (เดือน)	2 (เดือน)	3 (เดือน)	1 (เดือน)	2 (เดือน)	3 (เดือน)	1 (เดือน)	2 (เดือน)	3 (เดือน)
อิดิเซน	254.90±1.12	222.69±2.54	206.10±4.99	217.41±8.19	179.93±0.11	141.32±0.53	203.32±1.29	151.73±1.23	98.59±8.45			
ฮีนโคเซน	858.60±2.35	709.59±1.32	632.75±8.25	712.18±3.25	565.74±0.29	414.83±1.42	612.75±8.53	366.90±3.85	113.60±3.92			
โคโคเซน	179.86±1.43	155.45±1.55	142.87±3.12	156.54±1.23	133.22±8.23	109.20±3.02	142.53±2.12	105.20±4.11	66.74±8.43			
ไตรโคเซน	104.62±1.24	86.00±0.41	76.42±2.01	86.14±0.24	67.66±1.94	48.62±8.77	78.14±3.45	51.66±3.95	24.38±2.11			
เพททาโคเซน	467.59±4.19	367.56±0.71	316.03±8.93	380.55±1.92	293.52±2.43	203.85±3.45	328.63±8.77	189.68±2.62	46.52±1.41			
เพนทาโคเซน	327.51±1.53	323.27±1.53	321.09±2.14	285.64±2.05	243.77±8.54	200.63±2.43	282.01±9.13	236.52±3.18	189.65±8.14			
เฮกทาโคเซน	236.48±3.25	167.94±0.55	132.63±5.83	183.17±0.22	129.87±3.25	74.95±3.59	175.74±3.24	115.00±0.93	52.43±0.25			
เซปทาโคเซน	1145.63±3.58	948.95±0.24	847.59±4.02	983.41±3.53	821.14±1.25	653.91±1.28	899.43±4.55	653.26±4.29	399.64±0.34			
ออกทาโคเซน	85.86±0.13	70.95±1.41	63.27±2.11	71.21±2.22	56.56±4.53	41.48±8.33	61.27±3.12	36.69±8.45	11.36±0.22			
โนนาคโคเซน	871.62±0.25	722.82±7.02	646.15±3.59	744.98±3.58	618.36±2.11	487.92±2.45	691.86±2.59	512.07±9.85	326.78±0.47			
ฮีนโคเซน	858.60±8.14	709.59±1.27	632.75±3.95	712.18±1.23	565.74±1.42	414.83±1.78	612.75±2.65	366.90±0.53	113.60±1.23			
โคโคเซน	179.86±2.13	155.45±2.53	142.87±4.21	156.54±2.12	133.22±1.05	109.20±2.42	142.53±0.95	105.20±1.29	66.74±0.35			
ไตรโคเซน	104.62±3.98	86.00±3.72	76.42±5.99	86.14±0.55	67.66±0.98	48.62±0.13	78.14±2.41	51.66±0.64	24.38±2.86			
เพททาโคเซน	467.59±0.11	367.56±1.27	316.03±7.63	380.55±3.84	293.52±4.29	203.85±2.31	328.63±3.24	189.68±2.51	399.64±1.54			
เพนทาโคเซน	327.51±2.58	323.27±2.83	321.09±1.24	285.64±0.21	243.77±1.92	200.63±0.87	282.01±2.51	236.52±0.64	46.52±0.29			
เฮกทาโคเซน	236.48±3.42	167.94±1.77	132.63±3.87	183.17±4.28	129.87±7.66	74.95±2.64	175.74±0.65	115.00±6.21	189.65±0.55			
เซปทาโคเซน	1145.63±2.85	948.95±2.81	847.59±4.22	983.41±0.12	821.14±1.63	653.91±7.11	899.43±0.77	653.26±5.38	52.43±0.23			

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

ปริมาณสาร (นาโนกรัมต่อลิตร)

องค์ประกอบ	5°ซ			10°ซ			30°ซ			
	1 (เดือน)	2 (เดือน)	3 (เดือน)	1 (เดือน)	2 (เดือน)	3 (เดือน)	1 (เดือน)	2 (เดือน)	3 (เดือน)	
ออกพาทาเดซิน	86.86±0.83	78.40±1.55	70.95±3.85	63.27±2.33	71.21±4.23	56.56±4.12	41.48±3.12	61.27±3.18	36.69±4.53	11.36±3.18
โนมาโคเดซิน	871.62±1.25	797.22±2.83	722.82±4.53	646.15±8.15	744.98±8.29	618.36±5.35	487.92±4.98	691.86±9.86	512.07±8.15	326.78±7.15
ซัลคิน										
1-โนเนม	8586.03±3.78	7840.73±6.12	7095.55±10.85	6327.89±9.83	7121.73±8.55	5657.25±8.77	148.23±5.03	6127.70±4.23	3669.49±3.69	1136.97±8.43
1-เดซิน	1798.63±2.57	1676.52±4.53	1554.45±4.23	1428.72±4.56	1565.85±9.53	1332.28±5.83	1092.05±2.49	1425.3±5.15	1052.01±10.42	667.42±9.12
1-ซัลเดซิน	11453.29±9.18	10469.40±10.85	9485.71±8.95	8472.39±4.53	9831.25±7.54	8209.59±10.19	6539.21±3.15	8000.54±6.32	4548.08±7.83	3991.29±16.93
1-โดเดซิน	9763.21±3.25	8933.19±6.99	8102.78±3.23	7246.85±9.85	8229.22±8.75	6695.65±2.95	5116.03±9.23	7563.22±1.83	5363.44±9.18	3097.21±8.72
1-ไตรเดซิน	8586.00±4.12	7840.93±3.53	7095.56±1.42	6327.29±9.03	7121.26±9.87	5656.92±9.87	4148.58±5.87	6127.90±3.95	3669.50±4.52	1136.29±7.54
1-เตตระเดซิน	5246.23±5.35	4516.08±10.95	3785.95±10.54	3033.76±8.72	4150.96±4.58	3055.63±12.87	1926.99±4.85	3863.04±4.52	2479.88±11.65	1034.85±3.25
1-เพนทาเดซิน	6723.54±7.87	6473.12±8.53	6222.69±9.87	5964.68±6.45	5308.63±9.45	3893.26±4.13	2434.52±6.98	4873.48±8.34	3023.87±16.38	1118.66±7.56
1-เฮกซาเดซิน	4016.62±9.77	3838.00±7.98	3659.41±5.29	3475.42±7.89	3622.02±10.29	3227.44±8.77	2820.95±4.52	3001.26±5.13	1985.91±9.74	939.83±4.32
1-เฮปทาเดซิน	3219.37±4.12	3080.68±10.28	2945.00±5.83	2799.13±6.43	2629.62±10.98	2039.95±7.54	1432.52±6.29	2445.42±4.29	1671.44±8.96	873.95±3.18
1-ออกทาเดซิน	4898.35±4.53	4533.45±9.59	4168.51±3.25	3792.43±4.52	4281.27±18.27	3664.13±6.53	3028.22±7.65	4013.31±1.35	3128.21±3.15	2216.23±4.87
5-อีโคซิน	2736.21±9.99	2540.48±3.42	2344.79±10.42	2143.19±8.79	2356.93±4.85	1977.66±4.54	1586.92±4.89	2102.07±8.43	1467.94±5.42	814.63±8.23
1-โนนาเดซิน	4246.53±4.55	4143.22±8.15	4039.94±7.58	3933.54±9.44	4017.86±6.18	3789.25±7.85	3553.73±3.12	3455.33±6.66	2664.15±7.96	1849.05±10.42
1-ซีมิเดซิน	2131.81±5.84	2092.75±10.64	2053.74±3.15	2013.58±3.24	1987.19±7.63	1842.54±3.19	1693.46±5.28	1809.19±7.52	1486.60±8.43	1154.28±7.87
1,2-ไดโคทาเดซิน	3249.08±3.95	3192.15±3.85	3135.17±3.43	3076.41±9.83	3016.83±11.54	2784.63±10.77	2545.42±4.96	2722.75±9.34	2196.50±9.87	1654.47±4.12

ตารางที่ 4.7 การวิเคราะห์ทางสถิติของคะแนนความแตกต่างของกลิ่นควันเหลวเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 5 10 และ 30°C. เป็นเวลา 3 เดือน เปรียบเทียบกับกลิ่นควันเหลวที่ทำใหม่

ระยะเวลา (เดือน)	ค่าเฉลี่ยความแตกต่าง		
	5°C.	10°C.	30°C.
1	-0.25 ^{ns}	-0.98 ^{ns}	-1.56 ^a
2	-0.96 ^{ns}	-1.23 ^{ns}	-2.84 ^a
3	-1.32 ^{ns}	-2.33 ^a	-4.56 ^a

หมายเหตุ: NS หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.6 แสดงชนิดและปริมาณของสารในควันเหลวจากเทียนอบเมื่อเก็บเป็นเวลา 3 เดือน พบว่าอุณหภูมิและระยะเวลาเก็บมีผลต่อปริมาณสารในกลุ่มอัลดีไฮด์ อัลคีน และ อัลเคน การเก็บที่อุณหภูมิ 5°C. เกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าเมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 10 และ 30°C. เนื่องจากสารประกอบในควันเหลวเป็นสารในกลุ่มอัลดีไฮด์ซึ่งเป็นสารที่มีโมเลกุลขนาดเล็ก สามารถระเหยได้ง่าย และมีความคงตัวเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ปกติแล้วอุณหภูมิมิมีผลต่อพลังงานความร้อนที่ให้แก่สารให้กลิ่นเมื่อเก็บสารให้กลิ่นไว้ที่อุณหภูมิสูงอัลดีไฮด์ซึ่งเป็นสารให้กลิ่นหลักจะได้รับพลังงานความร้อนมาก จึงทำให้เกิดความไม่เสถียร (thermochemical stability) และระเหยออกสู่ภายนอก (Novak *et al.*, 2002) ส่วนผลของระยะเวลาเก็บนั้น พบว่าเมื่อเก็บควันเหลวไว้นานขึ้น ปริมาณสารในกลุ่มอัลดีไฮด์ อัลคีน และอัลเคนลดลง ซึ่งเป็นผลเนื่องจากการระเหยของสารประกอบต่าง ๆ ในควันเหลวซึ่งเป็นสารที่ระเหยง่าย ทำให้เมื่อเก็บควันเหลวนานขึ้นจึงทำให้ปริมาณสารต่าง ๆ ลดลง

จากตารางที่ 4.7 เมื่อนำควันเหลวที่เก็บในสภาวะต่างกันมาทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความเข้มกลิ่น พบว่าความเข้มกลิ่นควันเหลวเมื่อเก็บไว้ที่ 5°C. มีแนวโน้มลดลงแต่ยังไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากตัวอย่างควบคุม ($p > 0.05$) ควันเหลวที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 10°C. นาน 1 และ 2 เดือนยังมีความเข้มกลิ่นไม่ต่างจากตัวอย่างควบคุม แต่จะมีความแตกต่างเมื่อเก็บไว้ 3 เดือน ส่วนกลิ่นควันเหลวที่เก็บไว้ที่ 30°C. มีความเข้มกลิ่นลดลงและแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทุกช่วงเวลาเก็บ ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-MS ซึ่งพบว่าควันเหลวที่เก็บไว้ที่ 5°C. เป็นเวลา 3 เดือนยังคงมีปริมาณสารกลุ่มอัลดีไฮด์ซึ่งเป็นสารให้กลิ่นหลักมากกว่าควันเหลวที่เก็บไว้ที่ 10 และ 30°C. จึงทำให้ความเข้มกลิ่นต่างกัน

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

1. โพรไฟลีนไกลคอลเป็นตัวทำละลายที่จับองค์ประกอบทางเคมีของควีนเทียนอบได้ดีกว่าการใช้กลีเซอรอลและน้ำ
2. เฮกซาเนล เฮพทาเนล ออกทาเนล โนนาเนล เดคาเนล โดเดคาเนล และ อัลเดคาเนล เป็นสารให้กลิ่นหลักในควีนเทียนอบ ส่วน 2-เฮพทาโนน 2-เดคาโนน 2-ออกทาโนน 2-โนนาโนน และ 2-อัลเดคาโนน เป็นสารให้กลิ่นรอง
3. สภาวะที่เหมาะสมในการให้ความร้อนเพื่อผลิตควีนเทียนเหลว คือการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 160°C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ซึ่งทำให้นิวตและปริมาณของสารให้กลิ่นหลักใกล้เคียงกับในควีนเทียนอบ
4. การใช้ควีนเหลวในปริมาณร้อยละ 3 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมดเป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมในการใส่ในขนมกลีบลำดวนที่ได้จากการทดลอง
5. เมื่อเก็บกลิ่นควีนเหลวจากเทียนอบเป็นเวลา 3 เดือน พบว่าอุณหภูมิ 5°C . เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บ

บรรณานุกรม

- นิจศิริ เรืองรังษี. 2534. **เครื่องเทศ**. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กทม. 206
- พนิดา วัยมหสุวรรณ. 2548. **แนวทางการผลิตยาจากสมุนไพรในรูปแบบยาขี้ผึ้งและเจล**. กองควบคุมยา. สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. นนทบุรี. 23
- คันสนีย์ วีระศิลป์ชัย. 2546. **ขนมไทย**. สำนักพิมพ์มติชน. กทม. 143
- Abbott, N., Etievant, P. I., Issanchou, S. and Langlois, D. 1993. Critical evaluation of two commonly used techniques for the treatment of data from extract dilution sniffing analysis. *J. Agric. Food Chem.* 41(10) : 1698-1703.
- Bauer, K., Garbe, D. and Surburg, H. 1997. **Common Fragrance and Flavor Materials, Preperation, Properties and Uses**. 3rd ed. Wiley-VCH Verlag GmbH, Germany. 278 p.
- Blank, I., Fischer, K. H. and Grosch, W. 1989. Intensive neutral odorants of linden honey. Differences from honeys of other botanical origin. *Z. Lebensmittel. Unterforsch.* 189: 426-433.
- Blank, I. 1997. Gas chromatography-olfactometry in food aroma analysis. *In* R. Marsili, (ed). **Techniques for Analyzing Food Aroma**. Marcel Dekker, Inc., New York. 293-330
- Burfield, T. 2002. **Odor profiling (of essential oils) and subjectivity**. The Magazine Page. Available [http://www. Users.globalnet.co.uk/nodice/new/magazine/odprofile.htm](http://www.Users.globalnet.co.uk/nodice/new/magazine/odprofile.htm), December 27,2002.
- Doerr, R.C., Wasserman, A.E. and Fiddler, W. 1966. Composition of hickory sawdust smoke low-boiling constituents. *J. Agric. Food Chem.* 14: 662-665
- Duke, J. A. 1985. **Handbook of Medicinal Herbs**. CRC Press, FL.426-7.
- Etievant, P.X. 1996. Artifacts and contaminants in the analysis of food analysis. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition** 36: 733-745.
- Ferber, C.E.M. and Nursten, H.E. 1977. The aroma of beeswax. *J. Sci. Food Agric.* 28:511-518.

- Friedrich, J. E. and Acree, T.E. 2000. Issues in gas chromatography-Olfactometry methodologies. pp. 124-132. *In* S.J. Risch, and C.T. Ho, eds. **Flavor Chemistry Industrial and Academic Research**. American Chemical society, Washington DC.
- Ferreira, V., Ka, J.P. and Azwar, M. 2002. Aroma extract dilution analysis: Precision and optimal experimental design. **J. Agric. Food Chem.** 50(6): 1508-1514.
- Gobatov, V.M., Krylova, N.N., Volovinskaya, V.P., Lyaskovskaya, Y.N., Bazarova, K.I. Khlamova, R.I. and Yakovleva, G.Y. 1971. Liquid smokes for use in cured meats. **Food Technol.** 25 (6):71.
- Greenwood, N.N. and Earnshaw, A. 1997. **Chemistry of the Elements**, 2nd ed. Butterworth -Heinemann, Oxford, UK.
- Grosch, W. 1993. Detection of potent odourants in foods by aroma extract dilution analysis (AEDA) and calculation of odor activity values (OAVs). **Flavour Fragr.**9:147-158.
- Grosch, W. 2001. Evaluation of the key odorants of foods by dilution experiments, aroma models and omission. **Chem. Senses.** 26(5): 533-545.
- Guillen, M. D., Ibargoitia, M. L. and Zabala, L. 1995. Study of a commercial liquid smoke flavoring by means of gas chromatography/mass spectrometry and fourier transform infrared spectroscopy. **J. Agric. Food Chem.** 43: 463-468.
- Guillen, M. D. and Ibargoitia, M. L. 1999. Influence of the Moisture Content on the Composition of the Liquid Smoke Produced in the Pyrolysis Process of *Fagus sylvatica* L. Wood. **J. Agric. Food Chem.** 47, 4126-4136.
- Hatanaka, A., Kajiwara, T and Sekiya, J. 1986. Fatty acid hydroperoxide lyase I plant tissue: volatile aldehyde formation from linoleic and linolenic acid. **Biogenesis of Aromas**. American Chemical, Washington, DC. 167-175.
- Hiramoto, T., Tokoro, K. and Kanisawa, T. 1999. Instability of citrus flavors and recent attempts at their stabilization. **Flavor Chemistry: Thirty Years of Progress**. Kluwer Academic/Plenum Publishers, Newyork.
- Hirasa, K. and Takemasa, M. 1998. **Spice Science and Technology**. Marcel Dekker, Inc., New York.
- Kimoto, W. I. and Gaddis, A. M. 1969. Thermal decomposition of lipids. **J. Am. Oil Chem. Soc.** 46: 403

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Lawless, J. 1995. Benzoin. **The illustrated encyclopedia of essential oil.** New York, Element book. 56-67.
- Leffingwell, J. C. 1998. Flavor-Base '98. Flavor-Base Database, version date July 01,1998.
- Little, D. B. and Croteau, R. B. 1999. Biochemistry of essential oil terpenes: A thirty-year overview, pp. 239-253. In R. Teranishi, E.L. Wick and I. Hornstein, eds. **Flavor Chemistry: Thirty Years of Progress.** Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York.
- Maga, J. A. 1988. **Smoke in Food Processing.** CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida.
- Mcmurry, J. 1989. **Organic Chemistry, 2nd Edition.** Brook/ Cole Publish Company
- Miranda-Lopez, R., Libbey, L. M., Watson, B. T. and Mcdaniel, M. A. 1992. Odor analysis of Pinot noir wines from grapes of different maturities by a gas chromatography technique (Osme). **J. Food Sci.** 57: 985-993, 1019.
- Mistry, B. S., Reineccius, T. and Olson, L. K. 1997. Gas chromatography- Olfactometry for the determination of key odorants in foods. pp. 265-292. *In* R. Marsili, ed. **Techniques for Analyzing Food Aroma.** Marcel Dekker, Inc., New York .
- Novak, I., Kovac, B. and Kovacevic, G. 2002. Structure and stability of common sesquiterpenes. **Spectrochimica Acta Part A** 58(10) : 2223-2226.
- Pan, X., Ushio, H. and Ohshima, T. 2004. Photo-oxidation of lipids impregnated on the surface of dried seaweed (*Porphyra yezoensis* Ueda), Characterization of volatiles. **J. Am Oil Chem Soc** 81 (8): 773-788
- Parliament, T. H., Mcgorrrin, R. J. and Ho, C. T. 1989. **Thermal Generation of aromas.** American chemical society, Washington, D.C.
- Power, F. and Hauber, E. S. 1932. Determination of beeswax in candles. **Ind. Eng. Chem. Anal.** 4(4):389-390.
- Pudil, F., Wijaya, H., Janda, V., Volfova, J., Valentava, H. and Pokorny, J. 1998. Change in *Citrus hystrix* oil during autooxidation. In E.T. Contis, Ho C.T., Mussinan C.J., Parliament T.H., Shahidi F. and Spanier A.M. **Food Flavor: Formation, Analysis and Packaging Influences.** Elsevier Science B.V., Amsterdam. 707-718.
- Reineccius, G. A. 1994. Flavor chemistry. pp. 61-115. *In* G. Reineccius, (ed). **Source Book of Flavors.** 2nd ed. Chapman & Hall, New York.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Reineccius, G.A. 1998. Gas chromatography. pp. 527-547. In S.S. Neilsen. **Food Analysis 2nd** ed. Aspen Publication, Inc., Maryland.
- Reineccius, G. A. 2000. Recently development in academic flavor research. pp. 13-21. In: S.J. Risch and C.T. Ho, (eds). **Flavor Chemistry Industrial and Academic Research**. American Chemical Society, Washington DC.
- Ruth, S. M. 2001. Methods for gas chromatography-olfactometry methods: comparison of odour intensity-concentration relationships of eight volatile compounds with sensory headspace data. **Food Chem.** 74(3): 341-347
- Ruth, S. M. and O'Connor, C. H. 2001. Evaluation of three gas chromatography-olfactometry methods : comparison of odour intensity-concentration relationships of eight volatile compounds with sensory headspace data. **Food Chem.** 74(3):341-347.
- Rychlik, M., Schieberle, P. and Grosch, W. 1998. **Compilation of odor thresholds, odor qualities and retention indices of key food odorants**; Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie und Institut für Lebensmittelchemie der Technischen Universität München, Eds.; Publ.; Garching, Germany.
- Shaikh, Y. 2002. **Specialty Aroma Chemicals in Flavors and Fragrances**. Allured Publishing Corporation, Illinois.
- Stofberg, J. 1986. Legislative and consumer perception of biologically generated aroma chemicals. **Biogeneration of Aromas**. American Chemical Society, Washinton,DC. 2-10.
- Tulloch, A. P. 1980. Beeswax-composition and analysis. **Bee world** 61:47-62.
- Williams, P. J. 1993. Hydrolytic flavor release in fruit and wines through hydrolysis of nonvolatile precursors, pp. 287-308. In T.E. Acree and R. Teranishi, eds. **Flavor Science: Sensible Principle and Techniques**. ACS Professional Reference Book, Washington, DC.
- Yoo, Y. J., Whiteman, R. C., Dore, J. K., Amer, M. A. and Nawar, W. W. 1989. Processing Parameters and volatile compounds from milk fat. **Thermal generation of aromas**. American chemical society, Washington, DC. 114-120.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้