



วิทยานิพนธ์

ผลของสมุนไพรและเครื่องเทศต่อสารให้กลิ่นในไวน์ข้าว

Effects of Herbs and Spices on Aroma Compounds in Rice Wine

นางสาวสุหทัย นำชัยวัฒนา

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2549



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตรการอาหาร)
ปริญญา

วิทยาศาสตรการอาหาร

วิทยาศาสตรและเทคโนโลยีการอาหาร

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง ผลของสมุนไพรและเครื่องเทศต่อสารให้กลิ่นในไวน์ข้าว

Effects of Herbs and Spices on Aroma Compounds in Rice Wine

นามผู้วิจัย นางสาวสุหทัย น้าชัยวัฒนา

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์สิริ ชัยเสรี, Ph.D.)

กรรมการ

(อาจารย์วราณี จิรภาคกุล, Ph.D.)

กรรมการ

(อาจารย์อุกฤษณ์ ภัคิรพันธุ์, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(อาจารย์ระนุญย์ สัจจานันตกุล, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์วินัย อาจคงหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 1 เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2549

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลของสมุนไพรและเครื่องเทศต่อสารให้กลิ่นในไวน์ข้าว

Effects of Herbs and Spices on Aroma Compounds in Rice Wine

โดย

นางสาวสุหทัย น้าชัยวัฒนา

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การอาหาร)

พ.ศ. 2549

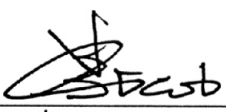
ISBN 974 – 16 – 1123 - 4

สุหัทธยา นำชัยสุวรรณ 2549: ผลของสมุนไพรและเครื่องเทศต่อสารให้กลิ่นในไวน์ข้าว
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การอาหาร) สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร
ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร ปรชานกรรมการที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์
ศิริ ชัยเสรี, Ph.D. 148 หน้า
ISBN 974 -16 -1123 - 4

การผลิตเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ในประเทศไทยนิยมใช้ลูกแป้ง ซึ่งมีสมุนไพรและเครื่องเทศเป็นส่วนประกอบ การผลิตไวน์ข้าวโดยใช้เชื้อบริสุทธิ์ แทนการใช้ลูกแป้งอาจมีผลทำให้กลิ่นรสของไวน์ข้าวเปลี่ยนไป เนื่องจากเครื่องเทศที่ผสมในลูกแป้ง มีน้ำมันหอมระเหยซึ่งประกอบด้วย แอลกอฮอล์, เอสเทอร์, เทอร์พีน, ฟีนอล, อัลคาลอยด์, เรซิน, กรดอินทรีย์, สารประกอบกำมะถัน และสารอื่นๆ โดยข้อมูลการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับสารระเหยให้กลิ่นรสในไวน์ข้าวของประเทศไทยนั้นมีอยู่น้อย งานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลของสมุนไพรและเครื่องเทศต่อการเกิดสารระเหยให้กลิ่นที่สำคัญในไวน์ข้าวที่หมักโดยเชื้อบริสุทธิ์

การวิเคราะห์สารระเหยให้กลิ่นในสมุนไพรและเครื่องเทศ (กระชายดำ ชะเอมเทศ ดอกจันทร์เทศ เทียนขาว เทียนขาวเปลือก ใบกระวาน พริกไทย และลูกกระวาน) ทำโดยการสกัดด้วยตัวทำละลายเฮกเซน ในการผลิตตัวอย่างไวน์ข้าวใช้เชื้อราบริสุทธิ์ *Amylomyces* sp. M2 และเชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* แล้วนำมาวิเคราะห์สารระเหยในตัวอย่าง โดยสกัดด้วยวิธี headspace-solid phase micro extraction (HS-SPME) แล้ววิเคราะห์สารระเหยที่ได้ ด้วย gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) และศึกษาลักษณะกลิ่นที่สำคัญด้วย GC-olfactometry (GC-O) แล้วประเมินผลทางประสาทสัมผัสด้วยการบรรยายคุณลักษณะของกลิ่น แอลกอฮอล์ กลิ่นสมุนไพร กลิ่นไม้ กลิ่นหอมหวาน กลิ่นผลไม้ และความชอบโดยรวม พบว่าสารระเหยในตัวอย่างไวน์ข้าวที่ไม่มีการใส่สมุนไพรและเครื่องเทศ (ตัวอย่างควบคุม) มี 41 ชนิด ซึ่งเมื่อพิจารณาสารระเหยที่ให้กลิ่นที่สำคัญ ได้แก่ 2-ethyl-1-hexanol (หวาน ผลไม้) และ benzeneethanol (หวาน) มีค่า FD (flavour dilution) factor = 10 isoamyl alcohol (ผลไม้ หอมหวาน), 1-octanol (หวาน ไวน์), diethyl butanedioic acid, diethyl ester (หวานอมเปรี้ยว ผลไม้ ไวน์), decanal (หวานอมเปรี้ยว; ขม) และ ethyl 3-hydroxyoctanoate (หอมหวาน) มีค่า FD factor = 5 isobutyl alcohol (หวาน จุน ผลไม้) และ (*E*)- β -caryophyllene (ไวน์ แอลกอฮอล์ เย็น; ขม) มีค่า FD factor = 2.5 ethyl caprylate (ดอกไม้ หอมหวาน ไม้; ขม) มีค่า FD factor = 1.25 สำหรับ octyl acetate (ดอกไม้ ไวน์ เผ็ดร้อน), 1-decanol (ไวน์ แอลกอฮอล์) และ ethyl laurate (เอียน หวาน) มีค่า FD factor = 1 และพบว่า ไวน์ข้าวที่เติมสมุนไพรและเครื่องเทศปริมาณ 0.5 % และ 1.0 % มีสารระเหยเหมือนในตัวอย่างไวน์ข้าวควบคุม ($p > 0.05$) สมุนไพรและเครื่องเทศในงานวิจัยนี้ ไม่มีผลต่อการสร้างสารระเหยที่พบในไวน์ข้าว แต่สมุนไพรและเครื่องเทศสร้างชนิดของสารระเหยเพิ่มขึ้นมาจากตัวอย่างไวน์ข้าว เมื่อทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า ไวน์ข้าวที่เติมสมุนไพรลงไปทำให้มีกลิ่นหอมหวานเพิ่มขึ้นและกลิ่นโดยรวมดีขึ้น

สุหัทธยา นำชัยสุวรรณ
ลายมือชื่อนิติ


ลายมือชื่อประธานกรรมการ

23 / 11 / 49

Suhuttaya Numchaisiwattana 2006: Effects of Herbs and Spices on Aroma Compounds in Rice Wine. Master of Science (Food Science), Major Field: Food Science, Department of Food Science and Technology. Thesis Advisor: Associate Professor Siree Chaiseri, Ph.D. 148 pages.
ISBN 974 - 16 - 1123 - 4

Production of alcoholic beverages in Thailand usually uses a starter called "lukpaeng" that included herbs and spices. Production of rice wine using pure cultures instead of lukpaeng may affect its flavour because herbs and spices in lukpaeng have essential oils that comprise alcohols, esters, terpenes, phenols, alkaloids, resins, organic acids, sulfur compounds and miscellaneous compounds. Only few researches have been done on aroma compounds of Thai rice wine. The objective of this study was to study the effects of herbs and spices on aroma compounds in rice wine produced by using a pure culture.

Aroma compounds in herbs and spices (*belamcanda chinensis*, Spanish licorice, mace, cumin, fennel, bay, pepper and Siam cardamon) were extracted using hexane. Rice wine samples were made by using pure culture inoculum of *Amylomyces* sp. M2 and *Saccharomyces cerevisiae*. Aroma compounds in the samples were isolated by headspace-solid phase micro extraction (HS-SPME) method. Quantification and identification of aroma compounds were performed by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) and aroma characteristic were determined by GC-olfactometry (GC-O). Sensory analysis was done by descriptions of alcohol, herb, woody, sweet, fruity and overall aroma characteristics. Rice wine sample prepared without the use of herbs and spices (control) had 41 aroma compounds. Key odorants were 2-ethyl-1-hexanol (sweet, fruity) and benzeneethanol (sweet) that had FD (flavour dilution) factor = 10. Other compounds that had FD factor = 5 were isoamyl alcohol (fruity, sweet), 1-octanol (sweet, winey), diethyl butanedioic acid, diethyl ester (sweet-lime, fruity, wine), decanal (sweet-lime; bitter) and ethyl 3-hydroxyoctanoate (sweet). Isobutyl alcohol (sweet, strong, fruity) and (*E*)- β -caryophyllene (wine, alcoholic, cold; bitter) had FD factor = 2.5, ethyl caprylate (flora, sweet, wood; bitter) had FD factor = 1.25, octyl acetate (flora, wine, spicy), 1-decanol (wine, alcoholic) and ethyl laurate (sweet, fatty) had FD factor = 1.0. Rice wine samples that were added with 0.5 and 1.0 % herbs and spices had all compounds that were presented in the control sample ($p > 0.05$). Herbs and spices in this study did not affect the formation of compounds that usually found in rice wine but contributed more species of aroma compounds to rice wine. The results from sensory analysis indicated that rice wine with herbs and spices had higher intensity of sweet aroma and better overall aroma.

สุหัตถา นุ่มชัยวัฒน์
Student's signature

Siree Chaiseri 23 Feb 06
Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์สิริ ชัยเสรี ประธานกรรมการที่ปรึกษา อาจารย์
วรรณิ จิรภาคย์กุล กรรมการที่ปรึกษาวิชาเอก และอาจารย์ลูกจันทน์ ภักษ์พันธุ์ กรรมการวิชาการ ที่
กรุณาให้คำปรึกษา กำลังใจ ตลอดการศึกษาและกรุณาตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนลุล่วงไปด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์อนุวัตร แจ่มชัด ที่กรุณาให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการทดสอบทาง
ประสาทสัมผัส

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่กรุณาอบรมสั่งสอนระหว่างการศึกษาและขอขอบคุณ
เจ้าหน้าที่ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารทุกท่านที่ให้คำปรึกษา และความช่วยเหลือใน
การทำวิจัย

ขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย และ สวพ. สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ที่กรุณาให้ทุนและส่งเสริมการทำวิจัยครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวที่ส่งเสริมและให้กำลังใจมาโดยตลอด และ
สุดท้ายขอขอบพระคุณพี่ๆ น้องๆ และเพื่อนๆ ปริญญาโทและเอกสาขาวิทยาศาสตร์การอาหารทุกท่าน
สำหรับคำแนะนำ ความช่วยเหลือ และกำลังใจตลอดเวลาของการศึกษา

สุหทัย นำชัยสีวัฒนา

มกราคม 2549

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
การตรวจเอกสาร	2
ไวน์ข้าว	2
สมุนไพรและเครื่องเทศที่ใช้ในการหมักไวน์ข้าว	12
ลูกแป้ง	24
การสกัดสารระเหยให้กลิ่นในไวน์ข้าวด้วยวิธี Solid-phase Microextraction (SPME) ..	26
อุปกรณ์และวิธีการ	28
อุปกรณ์	28
วิธีการ	30
ผลและวิจารณ์	36
สารระเหยในสมุนไพรและเครื่องเทศ	39
สารระเหยในไวน์ข้าว	61
การวิเคราะห์สารให้กลิ่นที่สำคัญในไวน์ข้าว	89
การทดสอบกลิ่นไวน์ข้าวโดยการประเมินทางประสาทสัมผัส	94
สรุป	106
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	108
ภาคผนวก	116
ภาคผนวก ก การวิเคราะห์ทางเคมี	117
ภาคผนวก ข การประเมินผลทางประสาทสัมผัส	146

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 ปริมาณความเข้มข้น (ร้อยละ) ของสารระเหยที่ให้กลิ่นรสในดอกจันทน์เทศ	14
2 ปริมาณความเข้มข้น (ร้อยละ) ของสารระเหยที่ให้กลิ่นรสในเทียนขาว	16
3 ปริมาณความเข้มข้น (ร้อยละ) ของสารระเหยที่ให้กลิ่นรสในเทียนข้าวเปลือก	17
4 ปริมาณความเข้มข้น (ร้อยละ) ของสารระเหยที่ให้กลิ่นรสในพริกไทย	20
5 ส่วนประกอบลูกแป้งเห็ด 25	25
6 ผลทางประสาทสัมผัสของกลิ่นไวน์ข้าวผสมสมุนไพร 0.5 และ 1.0 % ของน้ำหนักข้าวสาร	36
7 ความเข้มข้นของสารระเหย (ppm) ในกระชายดำ (B) ชะเอม (S) ดอกจันทน์เทศ (M) และเทียนขาว (C)	42
8 ความเข้มข้นของสารระเหย (ppm) ในเทียนข้าวเปลือก (F) ใบกระวาน (L) พริกไทย (P) และลูกกระวาน (A)	51
9 ความเข้มข้นของสารระเหย (ppm) และค่า Odor Activity Value (OAV) ในไวน์ข้าว	63
10 ความเข้มข้นของสารระเหย (ppm) ในไวน์ข้าวที่ใส่กระชายดำ (BW) ชะเอมเทศ (SW) ดอกจันทน์เทศ (MW) และเทียนขาว (CW)	68
11 ความเข้มข้นของสารระเหย (ppm) ในไวน์ข้าวที่ใส่เทียนข้าวเปลือก (FW) ใบกระวาน (LW) พริกไทย (PW) และลูกกระวาน (AW)	78
12 ชนิด ลักษณะกลิ่น และค่า FD factor ของสารระเหยในไวน์ข้าว แยกโดยคอลัมน์ HP-5	91
13 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส ด้วยการบรรยายของไวน์ข้าวทั้ง 9 ตัวอย่าง	95

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
ก1 ปริมาณความชื้นในเครื่องเทศและสมุนไพร	118
ก2 เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ในไวน์ขาวแต่ละชนิด	119
ก3 ผลของอุณหภูมิ (25°C, 37°C) ต่อการสกัด เมื่อใช้เวลาในการสกัด 30 นาที และใช้ไฟเบอร์ Stableflex polydimethylsiloxane/ divinylbenzene (PDMS/DVB) ขนาด 65 µm	123
ก4 ผลของเวลาในการสกัด (30, 60 และ 90 นาที) ต่อการสกัด เมื่อใช้อุณหภูมิในการสกัด 25°C และใช้ไฟเบอร์ Stableflex polydimethylsiloxane/ divinylbenzene (PDMS/DVB) ขนาด 65 µm	123
ก5 ผลของชนิดไฟเบอร์ต่อการสกัด (PDMS/DVB, DVB/CAR/PDMS, PDMS) เมื่อใช้เวลาในการสกัด 60 นาที และใช้อุณหภูมิ 25°C	124

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	กระบวนการผลิตสาโท	4
2	กระบวนการผลิตสาเก	5
3	การหมักแอลกอฮอล์ผ่าน glycolytic pathway	8
4	กลไกการเกิด higher alcohol จากกรดอะมิโน	10
5	กลไกการเกิดเอสเทอร์ จากปฏิกิริยาระหว่างแอลกอฮอล์ กับกรดไขมัน	10
ภาพผนวกที่		
ก1	กราฟมาตรฐานของสารระเหยมาตรฐาน	121
ก2	โครมาโทแกรมของไวน์ข้าวที่สกัดด้วยวิธี liquid-liquid extraction ใช้ตัวทำละลาย dichlorometane แยกด้วยคอลัมน์ HP-5	125
ก3	โครมาโทแกรมของไวน์ข้าวที่สกัดด้วยวิธี solvent extraction ใช้ตัวทำละลาย dichloromethane : pentane (4:6) แยกด้วยคอลัมน์ HP-5	126
ก4	โครมาโทแกรมของไวน์ข้าวที่สกัดด้วยวิธี Solid-Phase Microextraction แยกด้วยคอลัมน์ HP-5	127
ก5	โครมาโทแกรมของไวน์ข้าวที่แยกด้วยคอลัมน์ HP-5	128
ก6	โครมาโทแกรมของไวน์ข้าวที่แยกด้วยคอลัมน์ FFAP	129
ก7	โครมาโทแกรมของไวน์ข้าวที่ใส่กระชายดำที่แยกด้วยคอลัมน์ HP-5	130
ก8	โครมาโทแกรมของไวน์ข้าวที่ใส่กระชายดำที่แยกด้วยคอลัมน์ FFAP	131
ก9	โครมาโทแกรมของไวน์ข้าวที่ใส่ชะเอมเทศที่แยกด้วยคอลัมน์ HP-5	132
ก10	โครมาโทแกรมของไวน์ข้าวที่ใส่ชะเอมเทศแยกด้วยคอลัมน์ FFAP	133
ก11	โครมาโทแกรมของไวน์ข้าวที่ใส่ดอกจันทน์เทศที่แยกด้วยคอลัมน์ HP-5	134
ก12	โครมาโทแกรมของไวน์ข้าวที่ใส่ดอกจันทน์เทศที่แยกด้วยคอลัมน์ FFAP	135

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่

ก13	โครมาโทแกรมของไวน์ข้าวที่ใส่เทียนขาวที่แยกด้วยคอลัมน์ HP-5	136
ก14	โครมาโทแกรมของไวน์ข้าวที่ใส่เทียนขาวที่แยกด้วยคอลัมน์ FFAP	137
ก15	โครมาโทแกรมของไวน์ข้าวที่ใส่เทียนข้าวเปลือกที่แยกด้วยคอลัมน์ HP-5	138
ก16	โครมาโทแกรมของไวน์ข้าวที่ใส่เทียนข้าวเปลือกที่แยกด้วยคอลัมน์ FFAP	139
ก17	โครมาโทแกรมของไวน์ข้าวที่ใส่ใบกระวานที่แยกด้วยคอลัมน์ HP-5	140
ก18	โครมาโทแกรมของไวน์ข้าวที่ใส่ใบกระวานที่แยกด้วยคอลัมน์ FFAP	141
ก19	โครมาโทแกรมของไวน์ข้าวที่ใส่พริกไทยที่แยกด้วยคอลัมน์ HP-5	142
ก20	โครมาโทแกรมของไวน์ข้าวที่ใส่พริกไทยที่แยกด้วยคอลัมน์ FFAP	143
ก21	โครมาโทแกรมของไวน์ข้าวที่ใส่ลูกกระวานที่แยกด้วยคอลัมน์ HP-5	144
ก22	โครมาโทแกรมของไวน์ข้าวที่ใส่ลูกกระวานที่แยกด้วยคอลัมน์ FFAP	145

ผลของสมุนไพรและเครื่องเทศต่อสารให้กลิ่นในไวน์ข้าว

Effects of Herbs and Spices on Aroma Compounds in Rice Wine

คำนำ

ข้าว (*Oryza sativa* L.) เป็นอาหารประจำวันที่สำคัญของประชาชนในทวีปเอเชีย เครื่องดื่มแอลกอฮอล์จากข้าว มีการผลิตเป็นเวลานานหลายร้อยปีแล้วในประเทศต่างๆ ในทวีปเอเชียรวมถึงในประเทศไทย เครื่องดื่มแอลกอฮอล์มีกระบวนการผลิต และวัตถุดิบแตกต่างกัน ทำให้มีกลิ่นรสแตกต่างกัน

ปัจจุบันเริ่มมีการให้ความสนใจในผลิตภัณฑ์ไวน์จากข้าวกันมากขึ้น ซึ่งในกรรมวิธีการผลิตไวน์ข้าวในประเทศไทยนั้นมีการใช้ “ลูกแป้ง” เป็น starter องค์ประกอบหนึ่งของลูกแป้งนั้นคือเครื่องเทศ ซึ่งมีสารระเหยให้กลิ่นเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย เครื่องเทศจึงอาจมีผลต่อสารระเหยให้กลิ่นที่สำคัญในไวน์ข้าวได้ ประกอบกับเครื่องเทศเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญอย่างหนึ่งของประเทศไทยที่ตลาดต่างประเทศมีความต้องการสูงมาก เป็นส่วนผสมสำคัญที่ทำหน้าที่ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์อื่นๆ ที่ไม่ต้องการในลูกแป้ง เครื่องเทศมีน้ำมันหอมระเหยซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบหลายชนิด ได้แก่ alcohols, esters, terpenes, phenols, alkaloids, rasins, organic acids, sulfur compounds และสารอื่นๆ โดยทั่วไปใช้เครื่องเทศบดเป็นผงละเอียด เป็นส่วนผสม ซึ่งจะต่างกันทั้งชนิดและปริมาณตามสูตรของผู้ผลิต

จากการที่เครื่องเทศหรือสมุนไพรมีสารระเหยให้กลิ่นเป็นองค์ประกอบ จึงเป็นจุดสนใจในการศึกษาผลของการใช้สมุนไพรและเครื่องเทศต่างๆ ต่อสารระเหยให้กลิ่นที่สำคัญในไวน์ข้าว ดังนั้นการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสมุนไพรและเครื่องเทศต่อการเกิดสารระเหยให้กลิ่นในไวน์ข้าวที่หมักโดยเชื้อบริสุทธิ์

การตรวจเอกสาร

ไวน์ข้าว

1. กระบวนการผลิตไวน์ข้าว

ข้าว (*Oryza sativa* L.) เป็นวัตถุดิบสำคัญในการผลิตไวน์ข้าวในประเทศไทยนิยมใช้ข้าวเหนียวหรือข้าวเหนียวดำเป็นวัตถุดิบ ไม่นิยมใช้ข้าวเจ้า เนื่องจากข้าวเหนียวให้กลิ่นรสที่ดีกว่า และจุลินทรีย์ในลูกแป้งสามารถย่อยแป้งข้าวเหนียวได้ดีกว่าแป้งข้าวเจ้า ผลิตภัณฑ์หมักจากข้าว หรือไวน์ข้าวมีหลายชนิด สำหรับของไทย เช่น อุ หรือสาโท และสาเก ในญี่ปุ่น ซึ่งลักษณะการผลิตสาเกและไวน์ข้าวของไทยคล้ายกัน

เครื่องดื่มน้ำแอลกอฮอล์ประเภทไวน์ข้าว สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

- เครื่องดื่มน้ำแอลกอฮอล์ที่มีลักษณะใส ได้แก่ สาเกในญี่ปุ่น, Shaoshinchu ในจีน เป็นต้น
- เครื่องดื่มน้ำแอลกอฮอล์ที่มีลักษณะขุ่น ได้แก่ ไวน์ข้าวที่ทำทางแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น tapuy ในฟิลิปปินส์, brem ในบาห์ลีประเทศอินโดนีเซีย, ba-si-de ในเวียดนาม, tapay ในมาเลเซีย และสาโทในไทย เป็นต้น

สาโทเป็นเครื่องดื่มน้ำแอลกอฮอล์พื้นบ้านของไทย ทำจากการหมักข้าวเหนียวหนึ่งสัปดาห์ด้วยเชื้อลูกแป้ง มีแอลกอฮอล์ไม่เกิน 15% โดยปริมาตร วิธีการผลิตสาโท ดังภาพที่ 1

การหมักอุมีหลักการเช่นเดียวกับการหมักสาโท แต่มีการผสมเกล็ดปลาลงในข้าวที่หมักด้วยและจะหมักในไหโดยเฉพาะ มีการเติมน้ำเฉพาะเวลาที่จะนำมาดื่มเท่านั้น

เหล้าสาเกของญี่ปุ่น มีการผลิตที่แตกต่างจากไวน์ข้าวอื่นๆ กล่าวคือใช้เชื้อบริสุทธิ์ของ *Aspergillus oryzae* แทนการใช้ลูกแป้ง ทำเป็น “Koji” เพื่อการ saccharify และใช้ *Saccharomyces sake*

ซึ่งเป็นสายพันธุ์หนึ่งของ *S. cerevisiae* ในการเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์ (มนตรี, 2521) โดยมีกระบวนการเป็นขั้นตอนดังในภาพที่ 2

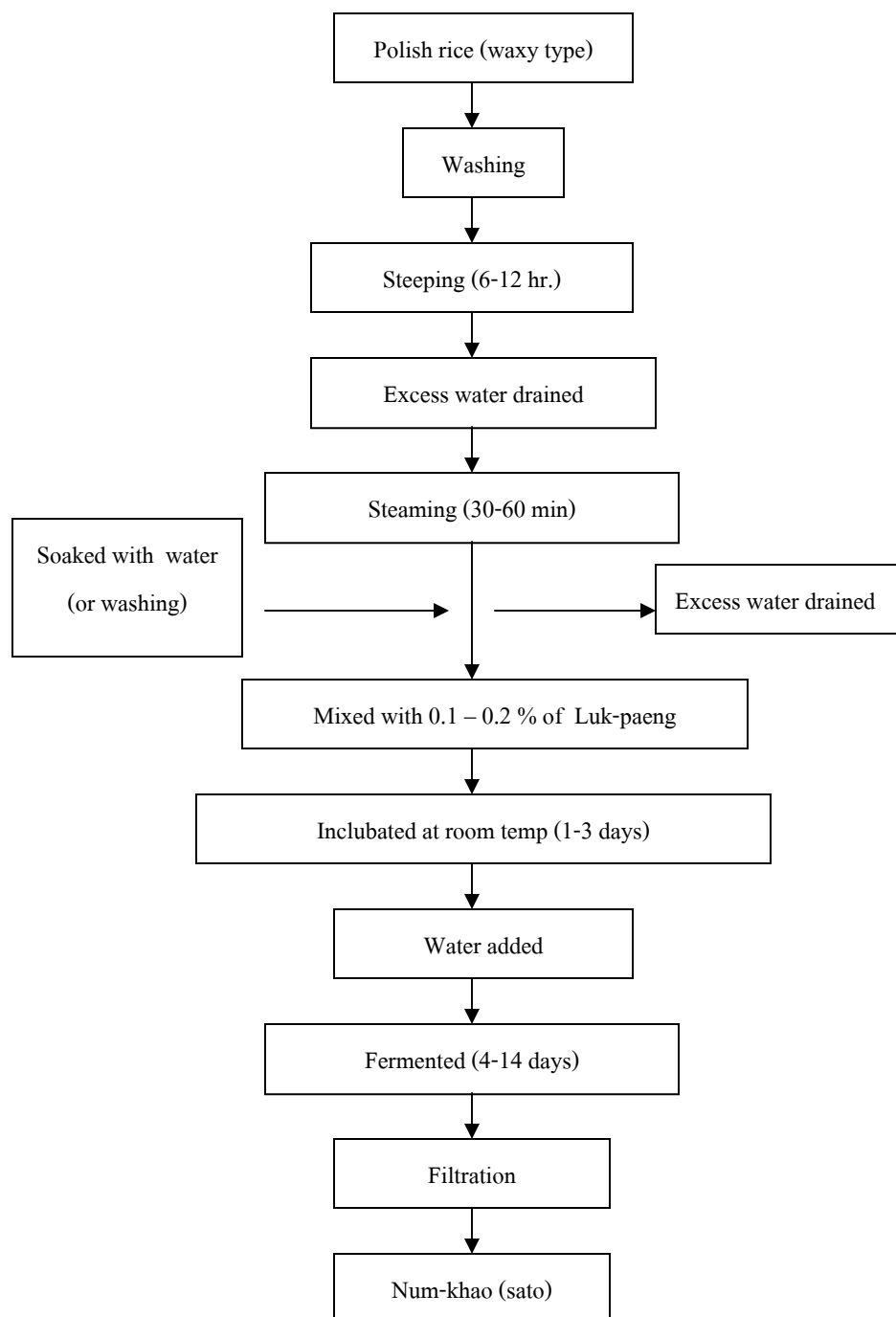
2. สารให้กลิ่นรสในเครื่องดื่มแอลกอฮอล์จากข้าว

กลิ่นรสที่มีความสำคัญต่อกลิ่นรสในไวน์ข้าว เช่น สาเก ได้แก่ ethyl และ isoamyl acetates; isoamyl, active amyl, และ isobutyl alcohols; ethyl caproate; ethyl caprylate และ isobutyl acetate และ butyrate (Nunokawa, 1972)

สารระเหยให้กลิ่นรสในข้าวอาจเป็นตัวสำคัญในการให้กลิ่นรสในไวน์ข้าวได้ Bullard and Holguin (1977) ได้ทำการศึกษาหาสารระเหยให้กลิ่นรสในข้าวที่ยังไม่ได้ผ่านกระบวนการใดๆ พบสารให้กลิ่นจำพวก alcohol, aldehyde, alkyl aromatic, furan, ketone, terpene และ naphthalene เช่น acetaldehyde, 1-propanol, octanal, 1,2,3-trimethylbenzene, 2-nonanone และ 2-dodecanal เป็นต้น

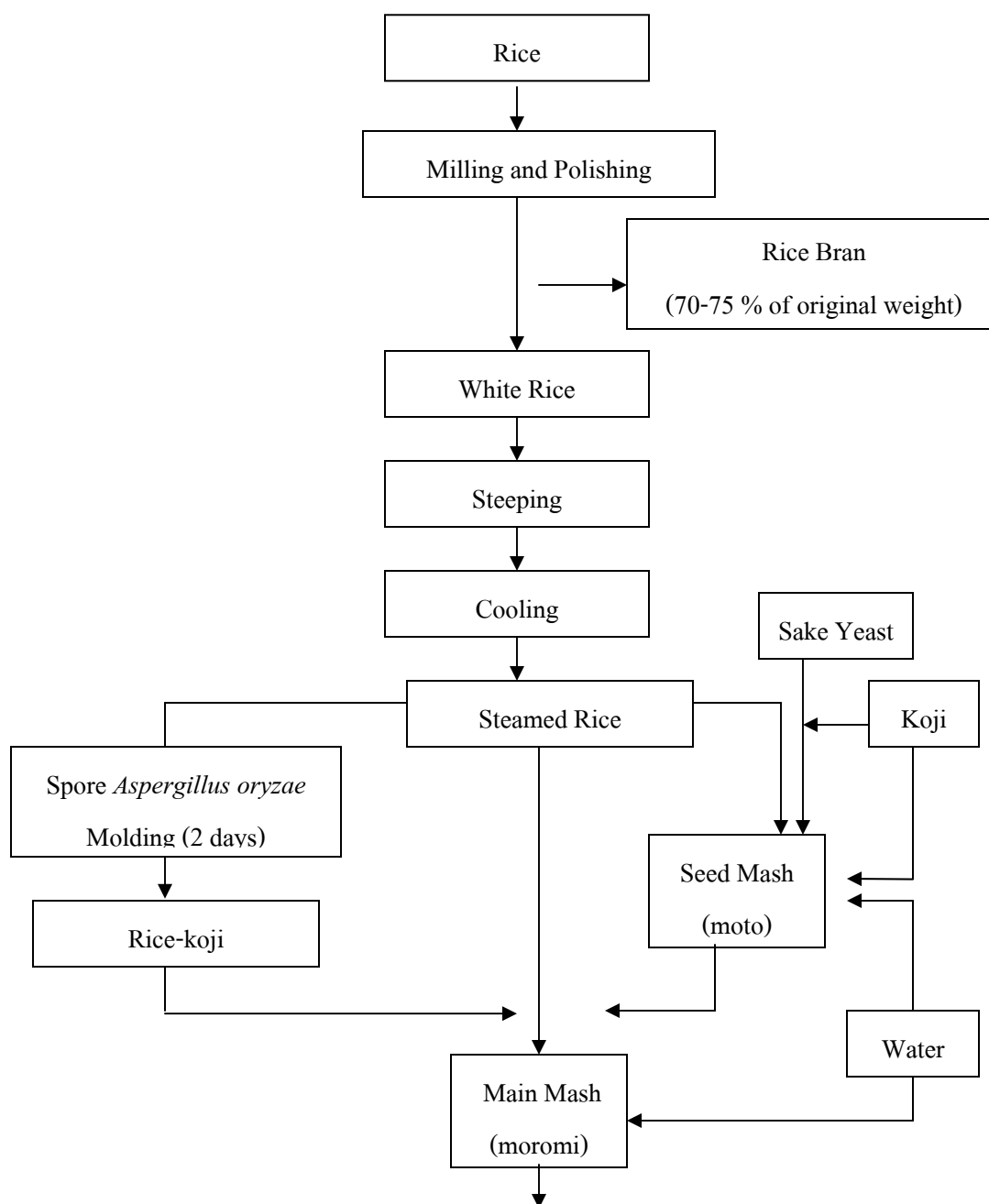
Inoue *et al.* (1994) ได้ทำงานวิจัยเพื่อศึกษาผลของเชื้อต่อการเกิดสารให้กลิ่นรสที่สำคัญในไวน์ ได้แก่ isoamyl acetate โดยทำการผลิตสาเกโดยใช้เชื้อยีสต์ *Hansenula mrakii* IFO 0895 เทียบกับเชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* Kyokai No.7 ในกระบวนการหมัก พบว่าสาเกที่หมักด้วยเชื้อ *Hansenula mrakii* IFO 0895 จะมีปริมาณ isoamyl acetate สูงกว่า ทำให้มีกลิ่นรสของสาเกดีกว่าสาเกที่หมักด้วยเชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* Kyokai No.7

Arikawa *et al.* (2000) และ Asano *et al.* (2000) ได้ทำงานวิจัยเพื่อศึกษาผลของการดัดแปลงสายพันธุ์ยีสต์ที่ใช้ในการผลิตสาเก เพื่อให้มีปริมาณ ethyl caproate กับ isoamyl acetate เพิ่มขึ้น ซึ่งสารระเหยให้กลิ่นทั้ง 2 ชนิดนี้เป็นสารระเหยให้กลิ่นที่สำคัญในสาเก โดยวิเคราะห์สารให้กลิ่นรสด้วยเครื่อง GC พบว่าสาเกที่หมักด้วยเชื้อยีสต์ที่ดัดแปลงจะให้ปริมาณ ethyl caproate และ isoamyl acetate สูงขึ้น



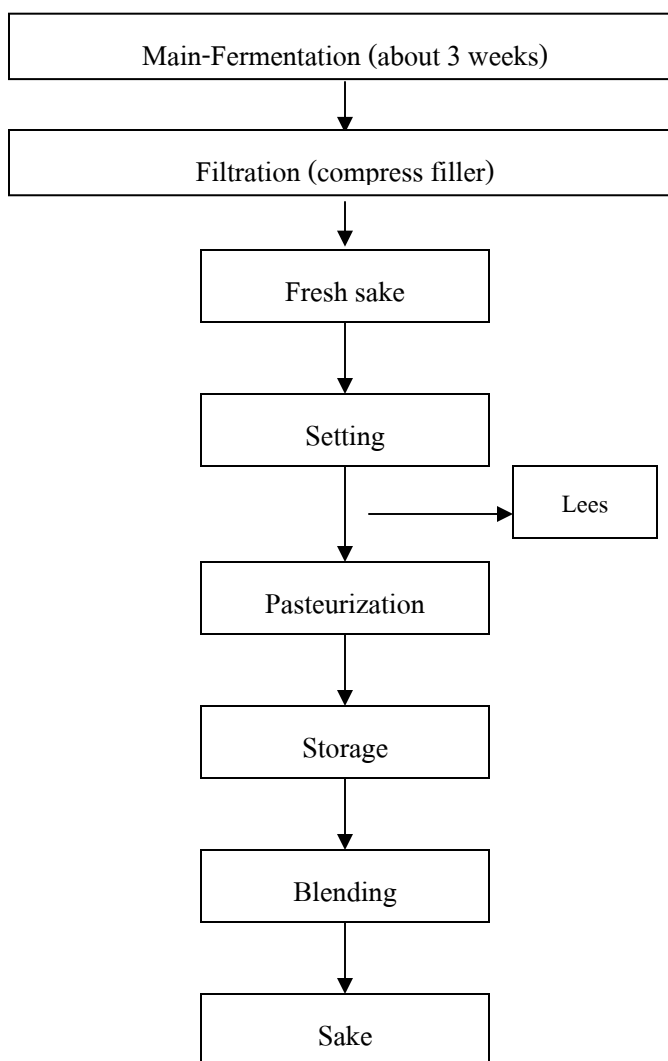
ภาพที่ 1 กระบวนการผลิตสาโท

ที่มา : มนตรี (2521)



ภาพที่ 2 กระบวนการผลิตสาเก

ที่มา : Nunokawa (1972)



ภาพที่ 2 (ต่อ)

ที่มา : Nunokawa (1972)

การผลิตสาเกของญี่ปุ่นซึ่งใช้ข้าวเป็นวัตถุดิบ พบว่าสาเกที่ผลิตใหม่จะมีสารให้กลิ่นที่สำคัญ ซึ่งวัดค่าออกเป็นค่า FD factor ของสารแต่ละชนิด ซึ่งเป็นสัดส่วนของความเข้มข้นสารในสารเริ่มต้นกับความเข้มข้นสารนั้นในสารสกัดที่เจือจางมากที่สุดแล้วยังคงได้กลิ่น (Grosch, 2001) คือ ethyl-3-methylbutyrate (FD=15), 3-methyl-2-butene-1-thiol (FD=1), isoamyl acetate (FD=125), dimethyl

trisulfite (FD=1), methional (FD=1), phenylacetaldehyde (FD=5) และสารประกอบไม่ทราบชนิดอีก 6 ชนิด (Isogai, *et al.*, 2005)

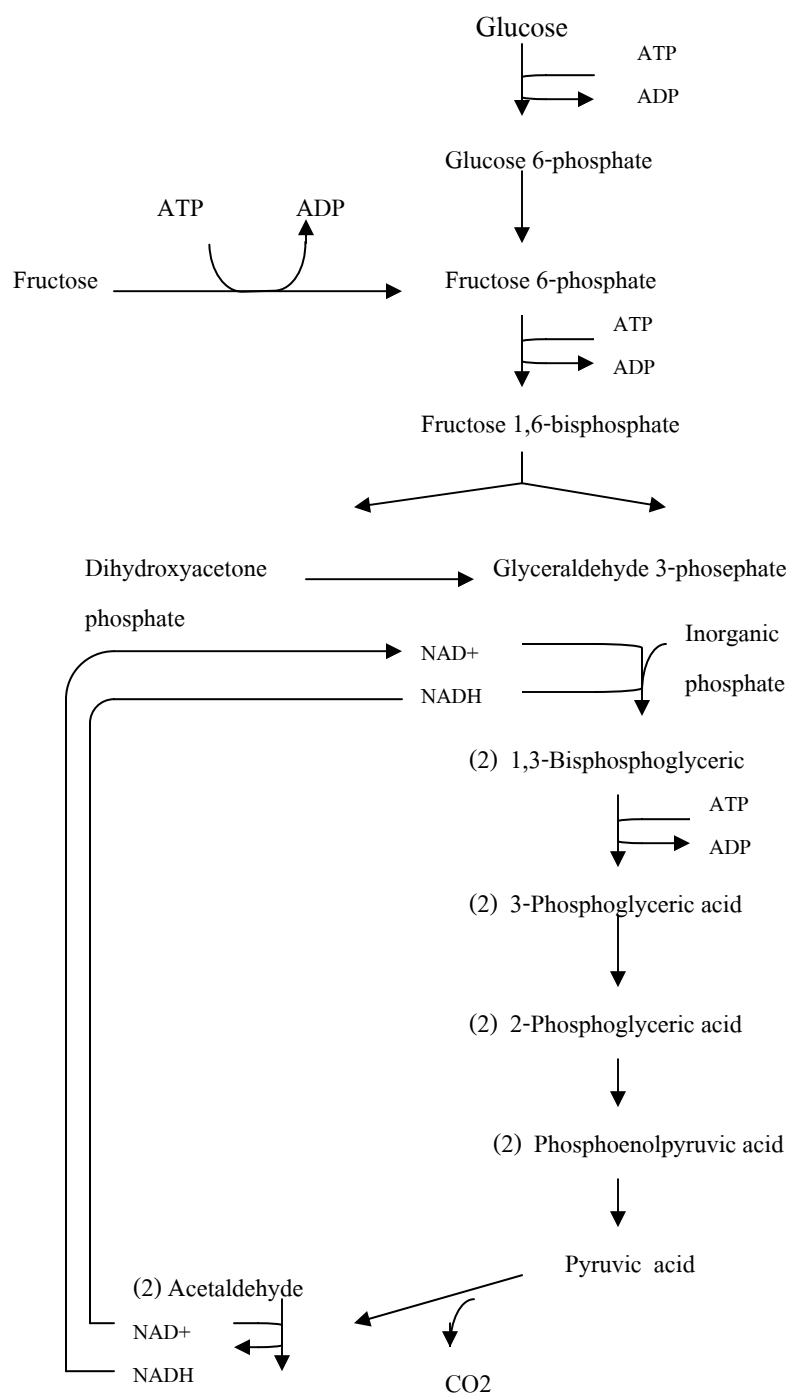
3. การเปลี่ยนแปลงชีวเคมีในระหว่างการหมักที่ทำให้เกิดสารระเหยให้กลิ่นรสในไวน์ขาว

สารประกอบให้กลิ่นรสในไวน์ส่วนใหญ่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการหมัก “alcoholic fermentation” ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากการย่อยสลายคาร์โบไฮเดรต และพวกที่ไม่ใช่คาร์โบไฮเดรต (โปรตีน และไขมัน) โดยยีสต์และเอนไซม์ ผลของการย่อยไม่จำเป็นต้องได้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์และแอลกอฮอล์เสมอไป อาจได้สารต่างๆ เช่น กรดอะมิโน กรดอินทรีย์หรือกรดไขมัน เป็นต้น

ปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดกลิ่นรสในไวน์ขาวมีดังนี้

1) Glycolytic pathway (ภาพที่ 3) เป็นการเปลี่ยนน้ำตาลกลูโคสและฟรุกโตสให้เป็นไพรูเวท โดยผ่าน glycolytic pathway และเปลี่ยนacetaldehyde และ ethanol โดยacetaldehyde เป็นสารประกอบคาร์บอนิลหลักที่เกิดจากปฏิกิริยานี้ ส่วน aldehyde ตัวอื่นๆก็สามารถเกิดได้ในกลไกคล้ายกัน เพียงแต่ต่างกันตรงประสิทธิภาพของเอนไซม์และระยะเวลาการเกิดการหมัก และจากปฏิกิริยานี้ก็สามารถทำให้เกิด higher alcohol ได้เช่นกัน ซึ่งเกิด 3-methyl butanol (isoamyl alcohol), 2-methyl butanol (active amyl alcohol) , 2-methyl propanol (isobutyl alcohol) และ 1-propanol (2-propyl alcohol) รวมถึงการเกิดพวก monoterpene (2-phenylethanol) แต่เกิดขึ้นในปริมาณน้อย เนื่องจากโดยมากสาร monoterpene มักจะมาจากกลิ่นขององุ่นมากกว่า

2) Tricarboxylic acid cycle (TCA cycle) ปฏิกิริยานี้ก่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์ทางอ้อมในการเกิดสารระเหยให้กลิ่นรสในไวน์ คือจะเป็นตัวรับไนโตรเจน สำหรับ biosynthesis ของ nitrogen containing compounds



ภาพที่ 3 การหมักแอลกอฮอล์ผ่าน glycolytic pathway

ที่มา : Jackson (2000)

3) Malolactic fermentation กระบวนการหมักขั้นตอนนี้จะเกิดขึ้นหลังจากผ่านช่วง alcoholic fermentation ไปแล้ว โดยเกิดขึ้นเมื่อมีสภาพกรดสูง ซึ่ง lactic acid bacteria จะเปลี่ยน malic acid เป็น lactic acid ซึ่งนอกจากเกิดกรดแลกติกแล้วยังเกิดกรดชนิดอื่นเช่น citric acid ปฏิกริยา catabolism ของ citric acid จะทำให้เกิด diacetyl (2,3-butanedione) ซึ่งเป็นสารระเหยที่ให้กลิ่นรสไม่พึงประสงค์ถ้ามีในปริมาณมากเกินไปจะให้กลิ่นคล้ายเนย หรือ แบคทีเรียสก็อตแล้วแต่ความเข้มข้นของมัน (Boulton *et al.*, 1996)

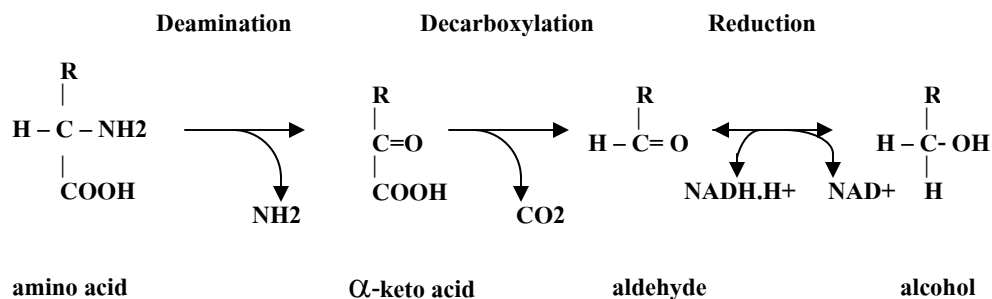
4) Nitrogen metabolism จากกระบวนการนี้จะได้สารต่างๆ ซึ่งตัวหลักๆที่สำคัญคือ higher alcohol ซึ่งชนิดของ higher alcohol ขึ้นกับชนิดของกรดอะมิโนตั้งต้น ดังภาพที่ 4

5) Sulfur metabolism ยีสต์ (*Saccharomyces*) สามารถใช้แหล่งของซัลเฟอร์ สำหรับการกระบวนการทางชีวเคมีซึ่งจะให้ sulfur-containing volatiles เช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์ และซัลเฟอร์-ไดออกไซด์ซึ่งให้กลิ่นที่มีลักษณะคล้ายไข่เน่าและกลิ่นฉุน คือเป็นกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ในไวน์

6) Activation ของกรดไขมัน หรือจาก oxidative decarboxylation ของ keto acid ในตอนหลังการหมักของยีสต์มีการใช้ acetyl coenzyme-A ในการสังเคราะห์ทางชีวเคมีของเอสเทอร์ คือยีสต์จะสร้าง acyl-CoA ซึ่งจะสร้างเอสเทอร์ได้ ดังภาพที่ 5

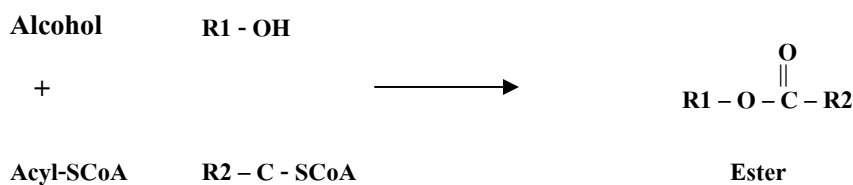
7) Proteolysis และ lipolysis ปฏิกริยาการเกิด proteolysis ทำให้โปรตีนที่มีอยู่ในน้ำองุ่นไฮโดรไลสได้เป็นกรดอะมิโน ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการเกิดสารระเหยให้กลิ่นรสแก่ไวน์ ส่วนปฏิกริยา lipolysis ทำให้เกิดกรดไขมันเช่น benzoic acid, phenyl acetic, propanoic acid และ 3-methyl butanoic acid ซึ่งเป็นผลผลิตจากการที่ยีสต์ทำปฏิกริยาและกรดไขมันอิ่มตัวที่เป็นสายตรงนั่นเอง

8) Strecker degradation เป็นปฏิกริยาระหว่างสารประกอบคาร์บอนิล เช่น diacetyl, pentan-2,3-dione, acetoin และ acetol กับ amino acid ในไวน์ ปฏิกริยานี้ทำให้เกิดสารประกอบที่เป็น heterocyclic compound เช่น pyrazines และ methyl pyrazines, methylthiazoles, acetylthiazoles, acetylthiazolines และ dimethyl ethyl oxazones ให้กลิ่นที่มีลักษณะคล้ายข้าวโพด, ซัลเฟอร์, ถั่ว, ถั่วคั่ว,



ภาพที่ 4 กลไกการเกิด higher alcohol จากกรดอะมิโน

ที่มา: Boulton *et al.* (1996)



ภาพที่ 5 กลไกการเกิดเอสเทอร์ จากปฏิกิริยาระหว่างแอลกอฮอล์กับกรดไขมัน

ที่มา: Boulton *et al.* (1996)

กลิ่นคั่วย่าง และกลิ่นผลไม้สุก และถ้าทำปฏิกิริยากับ sulfur amino acid จะได้สารประกอบซัลเฟอร์ เช่น hydrogen sulfide, dimethyl disulfide และ carbon disulfide ที่ให้กลิ่นไม่ดี (Pripis-Nicolau *et al.* , 2000)

4. สารให้กลิ่นรสในไวน์ขาว

สารระเหยให้กลิ่นรสในไวน์ขาวมีมากกว่า 100 ชนิด แต่ละชนิดไม่ได้มีความสำคัญต่อกลิ่นรสในไวน์ทั้งหมด ซึ่ง Simpson (1979) ได้รวบรวมการศึกษาเปรียบเทียบศักยภาพในการเกิดกลิ่นของสารประกอบระเหยได้ในไวน์ขาว เพื่อประเมินว่าองค์ประกอบใดน่าจะมีความสำคัญในการเกิดกลิ่นรส

ในไวน์ขาว โดยทำการเปรียบเทียบกับ aroma values (AV) ค่า AV หาได้จากความเข้มข้นขององค์ประกอบในเครื่องดื่มหารด้วยความเข้มข้นต่ำสุดที่จะสามารถตรวจพบกลิ่นนั้นได้ (aroma threshold value) พบว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ aroma threshold กับ ปริมาณความเข้มข้นของสารเหล่านั้นในไวน์ขาว องค์ประกอบ monoterpene alcohols และ oxides (geraniol, linalool, nerol และ α -terpineol : linalool oxides, nerol oxide และ rose oxide) ซึ่ง terpene alcohols จะให้กลิ่นคล้ายกลิ่นดอกไม้, น้ำหอม และต้นสน ส่วน linalool oxides จะให้กลิ่นคล้ายการบูรและดอกไม้ และ nerol oxide จะให้กลิ่นคล้ายน้ำหอมและกลิ่นคล้ายกลิ่นผลไม้สุก

สำหรับ ethyl ester ของ medium chain fatty acid จะให้กลิ่นคล้ายแอปเปิ้ล, ผลไม้ และกลิ่นหอมหวาน และถ้าสายโมเลกุลของกรดไขมันยาวขึ้นก็จะให้กลิ่นคล้ายสบู่ จากค่า aroma threshold และปริมาณขององค์ประกอบแต่ละตัวในไวน์ โดย ethyl hexanoate มีค่า AV = 2-5 , ethyl octanoate AV = 1-2 , ethyl decanoate AV = 0.1-1.0 และ ethyl dodecanoate AV = 0-0.1 ในไวน์ แสดงว่าสารประกอบกลุ่มนี้ให้กลิ่นรสที่แรงแก่กลิ่นไวน์ โดยมีปริมาณส่วนใหญ่ในไวน์คิดเป็น 38% ของสารระเหยทั้งหมด (Clarke and Bakker, 2004)

สำหรับ isoamyl acetate ซึ่งเป็นสารผสมระหว่าง 3-methyl-1-butyl acetate และ 2-methyl-1-butyl acetate ทั้ง isoamyl และ hexyl acetate ให้กลิ่นหอมหวาน, ผลไม้ และกล้วย ค่าความเข้มข้นของ isoamyl acetate และ hexyl acetate ทั้ง 2 ตัวมีค่าน้อยกว่า aroma threshold คือ 1.0 และ 2.4 mg/L ตามลำดับ แต่บางชนิดของไวน์ถ้ามีค่า AV สูงก็จะให้กลิ่นผลไม้และเอสเทอร์สูง

สำหรับ higher alcohol จะมี 1-propanol, isobutanol และ isoamyl alcohol เป็นองค์ประกอบหลักที่ให้กลิ่นคล้ายแอลกอฮอล์, กลิ่นหอมหวาน และ “choking” (เป็นกลิ่นที่ไม่ดีถ้ามีความเข้มข้นสูง) และ 1-hexanol ที่ให้กลิ่นคล้ายกะทิ, กลิ่นเหินและรสฝาด และ 2-phenyl ethanol ที่ให้กลิ่นคล้ายกลิ่นกุหลาบ, กลิ่นหอมหวาน และน้ำหอม ก็เป็นสารระเหยหลักที่มีในไวน์รองจาก ethanol พบว่า amyl alcohols มีค่า 0.7-1.9 AV, 1-hexanol มีค่า 0.3-1.1 AV, 2-phenylethanol มีค่า 0.04-0.40 AV และ iso-butanol มีค่า 0.15-0.66 AV คือสารประกอบเหล่านี้มีผลต่อการสร้างกลิ่นในไวน์บางชนิด (AV มากกว่าหรือเท่ากับ 1 คือมีความเข้มข้นสูงกว่าระดับ threshold values)

งานวิจัยของ Falgue *et al.* (2001) ซึ่งได้พิจารณาความสำคัญของสารระเหยที่ให้กลิ่นรสในไวน์ขาว โดยสกัดสารระเหยให้กลิ่นรสด้วยวิธี liquid-liquid extraction แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC และ GC-MS ก็พบว่า monoterpene (2-phenyl ethanol), ethyl hexanoate, ethyl esters, isoamyl acetate, linalool, ethyl acetate, higher alcohol (1-propanol และ isoamyl alcohols) มีความสำคัญต่อการให้กลิ่นรสในไวน์ขาว (มีค่า AV เท่ากับหรือมากกว่า 1) ซึ่งแล้วแต่ชนิดของไวน์และความเข้มข้นของสารนั้นที่มีอยู่ในไวน์ คือถ้ามีในปริมาณที่สูงเกินไปก็จะให้กลิ่นในทางลบแก่ไวน์

สมุนไพรและเครื่องเทศที่ใช้ในการหมักไวน์ขาว

พืชที่จัดเป็นสมุนไพรและเครื่องเทศนั้นแยกออกจากกันได้ยาก โดยความหมายของสมุนไพรและเครื่องเทศ ได้แก่

เครื่องเทศ คือ ของหอมฉุนและเผ็ดร้อนที่ได้จากต้นไม้สำหรับใช้ทำยาและปรุงอาหาร
สมุนไพร คือ พืชที่ใช้ทำเป็นยา ซึ่งหาได้ตามพื้นเมืองไม่ใช่เครื่องเทศ

ดังนั้นพืชชนิดเดียวกันอาจจัดเป็นได้ทั้งสมุนไพรและเครื่องเทศได้ ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการนำไปใช้ ซึ่งพืชที่ใช้ในการหมักไวน์ขาวที่เป็นได้ทั้งสมุนไพรและเครื่องเทศ ได้แก่ ชะเอมเทศ ดอกจันทร์เทศ เทียนขาว เทียนขาวเปลือก ใบกระวาน พริกไทย และลูกกระวาน สำหรับกระชายดำ เป็นสมุนไพรเพียงอย่างเดียว (รุ่งรัตน์, 2540)

1. กระชายดำ (Belamcanda chimensis)

กระชายดำมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Kaempferia parviflora* W. เป็นพืชล้มลุก เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ส่วนของแกนกลางลำต้นมีลักษณะแข็ง มีกาบใบที่อวบหนา นุ่ม หุ้มแกนลำต้นไว้ มีรากที่ช่วยหาอาหาร มีผลขนาดเล็ก สีของดอกกระชายดำจะมีสีขาวอมชมพู หรือสีม่วงอมแดง มีหัวอยู่ใต้ดิน ลักษณะของหัวกระชายดำจะมีลักษณะเฉพาะ เป็นข้อๆ รวมกัน (จำรัส และ มนตรี, 2547ก)

ในส่วนของการระเหยให้กลิ่นในกระชายดำ ยังไม่มีผู้ทดลอง แต่พบว่ามีสารฟลาโวนอยด์ 5 ชนิด ได้แก่ 3,7-dimethoxy-5-hydroxyflavone, 5-hydroxy-7-methoxyflavone, 5-hydroxy-3,7,4'-trimethoxyflavone, 7,4'-dimethoxy-5-hydroxyflavone และ 5-hydroxy-3,7,3',4'-tetramethoxyflavone (จำรัส และ มนตรี, 2547ข)

2. ชะเอมเทศ (Spanish licorice)

ชะเอมเทศมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Glycyrrhiza glabra* L. เป็นไม้ล้มลุก ส่วนที่อยู่ใต้ดินจะเป็นเหง้าแผ่กระจาย ใบเรียงตัวแบบเรียงสลับ ใบประกอบรูปขนนก ใบย่อยรูปไข่ เรียบ ช่อดอกออกด้านข้าง สีม่วง ผลเป็นฝักแบน ภายในมีเมล็ดรูปไต (นันทวัน และ อรุณ, 2539)

สารเคมีที่พบในชะเอมเทศ จากการศึกษาของ Frattini *et al.* (1977) ซึ่งศึกษาสารให้กลิ่นจากชะเอม ด้วยเครื่อง GC, GC-MS และ IR spectrometry พบว่าสารที่ให้กลิ่นในชะเอมส่วนใหญ่เป็นพวกอนุพันธ์ของฟูแรน ได้แก่ acetal, 2-acetyl pyrrole, 2-acetyl furan และ furfural alcohol

3. ดอกจันทน์เทศ (Mace)

ชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Myristica fragrans* H. จันทน์เทศเป็นไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ แตกกิ่งก้านเป็นพุ่มหนาแน่น ใบ ดอกมีสีเขียวยาวขึ้นก่อนข้างยาวปลายใบแหลม ดอกตัวเมียและดอกตัวผู้จะอยู่คนละต้นกัน โดยดอกตัวเมียจะออกเป็นดอกเดี่ยว ส่วนดอกตัวผู้จะออกเป็นช่อและมีขนาดเล็กกว่าผล จันทน์เทศก่อนข้างกลมมีลักษณะฉ่ำน้ำ เมื่อผลสุกเต็มที่จะแตกออกเป็นสองส่วน จนเห็นรกรหรือเยื่อสีแดงเป็นแฉกๆที่หุ้มเมล็ดสีน้ำตาล ทางการค้าเรียกว่า ดอกจันทน์เทศ แต่ส่วนที่เรียกว่า ลูกจันทน์เทศ นั้นคือเนื้อในของเมล็ด (endosperm) มีกลิ่นหอม (สุพจน์, 2543)

น้ำมันหอมระเหยในดอกจันทน์เทศมีอยู่ประมาณร้อยละ 2 – 6 ประกอบด้วย camphene, pinene, geraniol, borneol, *l*-linalool, terpineol และ myristicin (สุพจน์, 2543) นอกจากนี้ยังพบสารระเหยให้กลิ่นอื่นๆ ดังตารางที่ 1 โดย Health (1981) ได้รวบรวมสารระเหยให้กลิ่นในดอกจันทน์เทศจากงานวิจัยพบว่า สารระเหยที่ได้จาก 2 สายพันธุ์ ได้แก่ West Indian และ East Indian

ตารางที่ 1 ปริมาณความเข้มข้น (ร้อยละ) ของสารระเหยที่ให้กลิ่นรสในดอกจันทน์เทศ

สารประกอบ	West Indian	East Indian
α -pinene	10.6 – 12.6	18.0 – 21.2
camphene	0.2	0.2 – 0.4
β -pinene	7.8 – 12.1	9.3 – 17.7
sabinene	49.6 – 50.7	15.4 – 44.1
myrcene	2.5 – 2.8	2.2 – 2.9
α -phellandrene	0.4 – 0.6	0.4 – 1.0
α -terpinene	0.8 – 1.9	0.8 – 2.5
limonene	3.1 – 3.3	2.7 – 3.6
1,8-cineole	2.3 – 2.5	1.5 – 3.2
γ -terpinene	1.9 – 3.1	1.3 – 6.8
<i>p</i> -cymene	0.7 – 3.2	0.3 – 2.7
terpinolene	1.2 – 1.7	0.6 – 2.6
(<i>E</i>)-sabinene hydrate	0.3 – 0.8	0.3 – 0.6
copaene	0.3	0.2 – 0.3
linalool	0.4 – 0.9	0.2 – 0.9
(<i>Z</i>)-sabinene hydrate	0.2 – 0.7	0.2 – 0.6
(<i>Z</i>)- <i>p</i> -menth-2-en-ol	0.1 – 0.4	0.1 – 0.5
terpinen-4-ol	3.5 – 6.1	2.0 – 10.9
(<i>Z</i>)-piperitol	0.4 – 0.5	0.3 – 0.5
safrole	0.1 – 0.2	0.6 – 3.2
methyl eugenol	0.1 – 0.2	0.5 – 1.2
eugenol	0.2	0.3 – 0.7
elimicin	1.3 – 1.4	0.3 – 4.6
myristicin	0.5 – 0.8	3.3 – 13.5

ที่มา : ดัดแปลงจาก Health (1981)

โดยพบว่ามี sabinene มากที่สุดในจันทน์เทศ ทั้ง 2 สายพันธุ์ สารระเหยไม่แตกต่างกันมากในแต่ละสายพันธุ์

4. เทียนขาว (Cumin)

เทียนขาวมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Cuminum cyminum* L. เทียนขาวเป็นพืชล้มลุก ลำต้นตั้งตรง แตกกิ่งก้านสาขามาก ใบมีลักษณะเป็นเส้นเล็กๆ แตกออกเป็นง่าม ดอกออกเป็นช่อมีขนาดเล็กสีขาว หรือสีชมพู ผลมีลักษณะยาวรีสีน้ำตาลเหลืองคล้ายข้าวเปลือกแต่มีขนาดเล็กกว่า ภายในผลจะแบ่งออกเป็นสองซีก มีกลิ่นรสเผ็ดและขม น้ำมันหอมระเหยให้รสเผ็ดร้อนไม่ชวนดม สารประกอบที่สำคัญคือ cuminic aldehyde และสารประกอบที่พบในปริมาณรองลงมา คือ *p*-cymene, dipentene, cumene, β -phellandrene, α -terpeneol เป็นต้น (สุพจน์, 2543)

สารระเหยในเทียนขาวแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งได้มาจากการวิจัยของ Behera *et al.* (2004) และ Varo and Heinz (1970) ที่ศึกษาสารระเหยในน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากการกลั่นของเทียนขาว โดยพบ γ -terpinene และ cuminic aldehyde มากที่สุด

5. เทียนข้าวเปลือก (Fennel)

ชื่อวิทยาศาสตร์ของเทียนข้าวเปลือกคือ *Foeniculum vulgare* Mill. เทียนข้าวเปลือกเป็นพืชล้มลุกตระกูลเดียวกับผักชีแต่ลำต้นสูงกว่า รากมีการยึดเกาะที่แข็งแรง ลำต้นสีเขียวสด กิ่งก้านแตกแขนงมากมาย ใบเป็นเส้นฝอยมีสีฟ้าอมเขียว ดอกมีสีเหลืองออกเป็นช่อ ผลแก่แห้งมีสีเหลือง รสเผ็ดหวาน ผลมีลักษณะกลมรี น้ำมันหอมระเหยประกอบด้วยสารสำคัญ คือ (*E*)-anethole, fenchone, estragole, *l*-limonene, camphene และ monoterpene hydrocarbon อื่นๆ (สุพจน์, 2543)

ตารางที่ 3 แสดงผลจากการวิจัยของ Guillen and Manzanos (1996) ซึ่งได้ศึกษาสารระเหยในเทียนข้าวเปลือก จากการสกัดสารระเหยด้วยเพนเทน เปรียบเทียบกับ Mordy (2001) ที่ศึกษาสารระเหยในเทียนข้าวเปลือก 2 สายพันธุ์ ได้แก่ Dolce และ Azoricum ซึ่งสกัดสารระเหยโดยการกลั่นด้วยไอน้ำจากผลจะเห็นว่าการสกัดต่างกัน

ตารางที่ 2 ปริมาณความเข้มข้น (ร้อยละ) ของสารระเหยที่ให้กลิ่นรสในเทียนขาว

สารประกอบ	Behera <i>et al.</i> (2004)	Varo and Heinz (1970)
α -pinene	0.3	0.5
β -pinene	9.8	13.0
β -myrcene	0.8	0.3
p -cymene	17.0	8.5
limonene	-	0.5
β -phellandrene	-	0.3
1,8-cineole	-	0.2
γ -terpinene	28.3	29.5
<i>p</i> -menth-3-en-7-al	-	0.7
cuminic aldehyde	18.8	32.4
<i>p</i> -mentha-1,3-dien-7-al	5.7	5.6
<i>p</i> -mentha-1,4-dien-7-al	18.7	-
cuminy alcohol	-	2.8
caryophyllene	-	0.8
β -farnesene	0.1	1.1
β -bisabolene	-	0.9
α -phellandrene	-	trace
α -terpinene	-	trace
(<i>Z</i>)-sabinene	-	trace
(<i>E</i>)-sabinene	-	trace
myrtenol	-	trace
α -terpineol	-	trace
phellandral	-	trace
terpinen-4-ol	0.2	-
(<i>E</i>)-verbinol	0.1	-
myrtenal	0.1	-

ที่มา: ดัดแปลงจาก Varo and Heinz (1970) ; Behera *et al.* (2004)

ตารางที่ 3 ปริมาณความเข้มข้น (ร้อยละ) ของสารระเหยที่ให้กลิ่นรสในเทียนข้าวเปลือก

สารประกอบ	Guillen and Manzanos (1996)	Mordy (2001)	
		Dolce ^a	Azoricum ^a
α -pinene	-	0.1	0.1
camphene	-	-	0.1
β -pinene	-	trace	0.1
sabinene	-	-	0.1
β -myrcene	0.2	trace	0.9
α -phellandrene	trace	-	-
<i>p</i> -cymene	trace	0.3	0.7
limonene	0.7	0.5	32.1
cineole	-	0.2	0.1
furan, 2-pentyl	-	-	0.1
ocimene	-	-	1.1
γ -terpinene	0.2	-	0.4
(<i>Z</i>)-sabinene hydrate	0.5	-	-
fenchone	16.9	0.2	0.4
linalool	0.7	-	-
camphor	0.8	-	-
estragole	65.3	-	-
(<i>E</i>)-anethole	4.7	49.0	56.0
terpinolene	-	-	0.1
fencyl acetate	-	2.4	3.1
caryophyllene	-	-	0.2
cuminic aldehyde	-	0.3	-
<i>p</i> -anisaldehyde	-	29.6	1.2
2-propanone, 1-(4-methoxyphenyl	-	2.4	1.0
eugenol acetate	-	0.7	-

ตารางที่ 3 (ต่อ)

สารประกอบ	Guillen and Manzanos (1996)	Mordy (2001)	
		Dolcea ^a	Azoricum ^a
1-propanone,1-(4-methoxyphenyl)	-	0.4	-
(<i>E,E</i>)-farnesol	-	0.2	trace
myristicin	-	0.2	trace
benzenemethanol-ethyl-4-methoxyphenyl	-	0.4	-
ethanone,1-(4-methoxyphenyl)	-	2.1	-
methyl chavicol	-	2.3	1.8
lactone	0.1	-	-
1-(4-methoxyphenyl)-1-propanone	0.4	-	-
methyl hexadecanoate	0.1	-	-
methyl petroselinic acid	1.1	-	-
petroselinic acid	5.8	-	-

หมายเหตุ ^a ชนิดสายพันธุ์ของเทียนข้าวเปลือก

ที่มา: ดัดแปลงจาก Guillen and Manzanos (1996) ; Mordy (2001)

จะได้สารระเหยต่างกันบ้าง โดยการทดลองของ Guillen and Manzanos (1996) พบ estragole และ fenchone ในปริมาณมาก ส่วนงานวิจัยของ Mordy (2001) พบ (*E*)-anethole ในปริมาณมากทั้ง 2 สายพันธุ์ และสารระเหยต่างกันในแต่ละสายพันธุ์

6. ไบกระวาน (Bay or Laurel)

ไบกระวานมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Laurus nobilis* L. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ เป็นพืชยืนต้น ขนาดเล็กใบเป็นใบเดี่ยวปลายใบแหลมคล้ายหอก ใบมีสีเขียวสดทุกฤดูกาล ดอกมีสีเหลืองอ่อนออกตามซอกใบและยอด ผลเป็นรูปไข่มีสีม่วง นิยมใช้ใบในการประกอบอาหารเพราะมีกลิ่นหอมกว่าส่วนอื่นๆ กลิ่นหอมเฉพาะของไบกระวานเกิดจากน้ำมันหอมระเหย ซึ่งมีสารสำคัญคือ cineol, α -pinene, linalool, α -terpineol acetate, α -terpineol, β -pinene, sabinene, limonene, methyl eugenol, eugenol, *p*-cymene, camphene และ 1,8-cineol (สุพจน์, 2543)

จากงานวิจัยของ Dadalioglu and Evrendilek (2004) ซึ่งสกัดไบกระวานด้วยวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำ พบสารระเหยได้แก่ α -pinene (6.11%), sabinene (12.12%), β -terpinene (0.06%), 1,8-cineole (60.72%), γ -terpinene (1.04%), linalool (0.73%), terpinen-4-ol (3.29%), α -terpineol (2.04%), α -terpinene (12.53%), eugenol (0.53%), β -caryophyllene (0.40%) และ methyl eugenol (0.68%)

7. พริกไทย (Pepper)

ชื่อวิทยาศาสตร์ *piper nigrum* L. เป็นไม้เถาเลื้อยเขียวตลอดปี ลำต้นเรียบ ใบสีเขียวอมเทา แผ่นใบรูปไข่ ก้านใบยาว 1.5 – 3 เซนติเมตร ปลายใบแหลม ฐานใบมน ขอบใบเรียบ ดอกเป็นช่อสีขาว ผลมีลักษณะกลมสีเขียวเมื่อสุกเป็นสีแดง (พุทธรินทร์, 2527)

ผลพริกไทยประกอบด้วยน้ำมันหอมระเหย, กรดไขมัน, อัลคาลอยด์, เรซิน, โปรตีน, เซลลูโลส, แป้ง และเกลือแร่ โดยทั่วไปน้ำมันหอมระเหยของพริกไทยประกอบด้วยสารหลายชนิด ได้แก่ monoterpene hydrocarbon ร้อยละ 70 – 80, sesquiterpene hydrocarbon ร้อยละ 20 – 30 และ oxygenated compound ซึ่งมีปริมาณเพียงเล็กน้อย แต่มีความสำคัญต่อกลิ่นรสของพริกไทย

น้ำมันหอมระเหยของพริกไทยดำ มีลักษณะเป็นของเหลวสีขาวหรือเหลืองอมเทา มีกลิ่นสดชื่น ประกอบด้วยสารหลายชนิด สารที่พบมากคือ monoterpene hydrocarbons เช่น limonene ร้อยละ 0-40, β -phellandrene ร้อยละ 0-19, β -pinene ร้อยละ 5-35, sabinene ร้อยละ 0-20, α -pinene ร้อยละ 1-19,

ตารางที่ 4 ปริมาณความเข้มข้น (ร้อยละ) ของสารระเหยที่ให้กลิ่นรสในพริกไทย

สารประกอบ	<i>Piper nigrum</i> (black)	<i>Piper guneense</i> (black)	<i>Piper guneense</i> (white)
acetaldehyde	0.01	trace	-
acetic acid	-	-	0.01
propanoic acid	-	-	trace
hexanal	-	trace	-
butanoic acid	trace	trace	trace
(<i>E</i>)-2-hexanal	-	trace	-
(<i>Z</i>)-3-hexen-1-ol	trace	trace	-
(<i>E</i>)-2-hexen-1-ol	trace	-	-
hexanol	-	trace	-
heptan-3-ol	trace	-	-
α -thujene	trace	0.02	0.07
α -pinene	6.40	1.04	0.31
camphene	trace	trace	0.11
sabinene	2.46	2.20	0.76
β -pinene	10.02	2.55	4.56
myrcene	1.38	0.14	0.21
α -phellandrene	8.56	2.61	1.18
δ -3-carene	2.78	0.98	1.06
α -terpinene	trace	trace	trace
β -phellandrene	0.41	0.21	0.13
(<i>Z</i>)- β -ocimene	3.19	0.77	6.61
<i>p</i> -cymene	2.14	0.35	0.23
limonene	10.26	2.01	5.88
(<i>E</i>)- β -ocimene	1.33	0.41	0.29
γ -terpinene	trace	0.26	0.09

ตารางที่ 4 (ต่อ)

สารประกอบ	<i>Piper nigrum</i> (black)	<i>Piper guneense</i> (black)	<i>Piper guneense</i> (white)
2,5-dimethyl-3-methoxypyrazine	-	-	trace
(<i>Z</i>)-sabinene hydrate	-	trace	0.10
terpinolene	1.32	0.38	0.42
nonanal	trace	0.45	0.02
linalool	2.51	1.44	3.97
(<i>E</i>)-sabinene hydrate	trace	trace	trace
(<i>E</i>)-2-nonenal	1.08	trace	-
camphor	-	-	0.16
nonanol	-	0.24	trace
isoborneol	trace	trace	0.05
borneol	0.21	0.35	0.13
<i>p</i> -cymen-8-ol	0.14	0.17	0.10
octanoic acid	0.21	0.44	trace
terpinen-4-ol	1.61	0.81	0.65
α -terpineol	1.59	0.32	0.39
carveol	0.27	0.23	0.09
cumin aldehyde	0.01	trace	0.42
citronellol	0.11	0.05	trace
carvone	0.16	0.24	0.11
piperitone	trace	trace	0.20
decanol	1.04	0.16	0.32
nonanoic acid	0.06	0.21	trace
safrole	0.52	0.29	2.98
cuminy alcohol	0.07	0.02	0.21
δ -elemene	trace	0.41	0.16
eugenol	0.07	0.09	0.06

ตารางที่ 4 (ต่อ)

สารประกอบ	<i>Piper nigrum</i> (black)	<i>Piper guneense</i> (black)	<i>Piper guneense</i> (white)
α -cubebene	0.13	0.31	0.58
α -copaene	1.41	1.08	1.45
β -cubebene	trace	trace	-
β -elemene	2.55	5.10	1.72
dodecanal	0.18	0.24	trace
methyl eugenol	0.92	0.11	0.22
α -gurjunene	0.32	0.28	0.24
β -caryophyllene	7.29	57.59	51.75
γ -elemene	0.06	0.14	0.39
(<i>E</i>)- α -bergamotene	0.14	0.20	0.08
(<i>E</i>)- β -farnesene	0.41	0.46	0.37
α -guaiene	0.25	0.27	0.81
α -humulene	0.58	4.86	3.29
γ -muurolene	-	trace	-
sarisan	0.36	0.49	0.56
β -guaiene	0.17	0.09	0.32
germacrene D	11.01	0.14	1.34
α -zingiberene	trace	trace	trace
β -bisabolene	0.77	0.26	0.18
(<i>E,E</i>)- α -farnesene	trace	trace	trace
myristicin	-	0.38	0.61
elemicin	trace	0.27	0.35
bicyclogermacrene	-	5.05	0.89
δ -cardinene	0.13	0.16	0.24
calamenene	0.52	0.22	0.18
cadina-1,4-diene	0.22	0.17	0.31

ตารางที่ 4 (ต่อ)

สารประกอบ	<i>Piper nigrum</i> (black)	<i>Piper guneense</i> (black)	<i>Piper guneense</i> (white)
elemol	0.16	0.08	0.02
(<i>E</i>)-nerolidol	1.62	0.25	0.12
caryophyllene alcohol	1.23	0.16	0.33
germacrene B	-	trace	trace
caryophyllene oxide	0.88	trace	trace
dodecanol	2.21	trace	trace
guaiol	-	0.12	trace
isoelemicin	-	trace	-
dill apiole	-	-	trace
spathulenol	1.05	0.24	0.17
β -eudesmol	1.36	trace	trace
T-muurolol	-	-	trace
cubenol	-	trace	-
bulnesol	-	0.16	trace
cadina-1,4-dien-30ol	-	trace	trace
α -bisabolol	trace	trace	trace
β -bisabolol	1.26	0.18	0.25
α -cadinol	-	trace	0.31
(<i>Z,E</i>)- α -farnesol	1.09	trace	-
(<i>E,E</i>)- α -farnesol	0.44	0.10	trace
benzyl benzoate	trace	0.09	0.25
phenylethyl benzoate	trace	trace	-
hexadecanol	0.12	trace	trace

ที่มา: คัดแปลงจาก Jirovetz *et al.* (2002)

δ -3-carene ร้อยละ 1-15 , α -phellandrene ร้อยละ 1-27 , myrcene ร้อยละ 1-10 ส่วน sesquiterpenes ที่พบมาก คือ β -caryophyllene ร้อยละ 9-33 (Purselove *et al.*, 1981)

Jirovetz *et al.* (2002) ได้ศึกษาหาสารระเหยในเมล็ดพริกไทยทั้งสายพันธุ์ *Piper nigrum* (ดำ) และ *Piper guineense* (ดำ และขาว) ด้วยวิธี solid-phase microextraction (SPME) ได้สารระเหยดังในตารางที่ 4 โดยสารระเหยที่พบมากสุดใน *Piper nigrum* (ดำ) , *Piper guineense* (ดำ และขาว) ได้แก่ germacrene D และ β -caryophyllene ตามลำดับ

8. ลูกกระวาน (Siam Cardamon)

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Amomum krervanh* P. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ เป็นพืชล้มลุกมีเหง้าหรือลำต้นอยู่ใต้ดิน ใบเป็นมัน โคนใบมน ปลายใบเรียวแหลมออกสลับกันที่โคนต้น ก้านใบเป็นกาบติดต้น ออกดอกเป็นช่อ เนื้อพื้นดินเล็กน้อย กลีบดอกสีเหลือง ซึ่งเจริญเป็นผลมีลักษณะกลมรี สีขาวนวล ภายในผลมีเมล็ดสีน้ำตาลจำนวนมาก ทั้งผลและเมล็ดมีกลิ่นหอมฉุนคล้ายการบูรและพิมเสน มีรสเผ็ด องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากลูกกระวาน ประกอบด้วย camphor, borneol, α -pinene, limonene, myrcene และ linalool (สุพจน์, 2543)

ลูกแป้ง

ในการผลิตผลิตภัณฑ์หมักจากข้าวด้วยวิธีพื้นเมืองจะต้องอาศัยลูกแป้งเป็นหัวเชื้อหรือสตาร์ท (starter) ลูกแป้งมี 2 ประเภทคือ ลูกแป้งข้าวหมากสำหรับทำข้าวหมาก และลูกแป้งเหล้าสำหรับทำเหล้า ลูกแป้งทั้ง 2 ชนิดมีกรรมวิธีการผลิตเหมือนกัน ต่างกันแต่ส่วนประกอบของเครื่องเทศและจุลินทรีย์ในลูกแป้ง โดยปกติลูกแป้งเหล้าจะมีขนาดใหญ่กว่าลูกแป้งข้าวหมาก (ไพโรจน์ และ อรัญ, 2534) วัตถุประสงค์ในการผลิตลูกแป้ง (พุทธรินทร์, 2527) ได้แก่

1. แป้ง ใช้ได้ทั้งแป้งข้าวเหนียว และแป้งข้าวเจ้า ควรใช้แป้งสดที่เตรียมใหม่ไม่ควรใช้แป้งค้างคืน เพราะจะทำให้ลูกแป้งที่ได้มีกลิ่นเหม็นเปรี้ยว

2. น้ำ ต้องใช้น้ำสะอาด สำหรับปริมาณน้ำที่ใช้ไม่แน่นอน ขึ้นกับความชำนาญของผู้ทำ

3. ลูกแป้งเชื้อเดิม ใช้เป็นแหล่งจุลินทรีย์เริ่มแรก เพื่อขยายพันธุ์เพิ่มขึ้นในลูกแป้งใหม่ โดยจุลินทรีย์ในลูกแป้งเหล่านี้ที่สำคัญมี 2 ชนิด คือเชื้อราจะทำหน้าที่ย่อยแป้งจากข้าวเหนียวให้เป็นน้ำตาล จุลินทรีย์อีกชนิดหนึ่งคือยีสต์ จะทำการหมักน้ำตาลจากข้าวให้เป็นแอลกอฮอล์หรือเหล้า (ประดิษฐ์, 2545)

4. เครื่องเทศหรือสมุนไพร เป็นส่วนผสมสำคัญที่ทำหน้าที่ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์อื่นๆที่ไม่ต้องการในลูกแป้ง ซึ่งเครื่องเทศมีน้ำมันหอมระเหยซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบหลายชนิดได้แก่ แอลกอฮอล์, เอสเทอร์, เทอร์พีน, ฟีนอล, อัลคาลอยด์, เรซิน, กรดอินทรีย์, สารประกอบกำมะถัน และสารอื่นๆ (สมพร, 2544) โดยทั่วไปใช้เครื่องเทศเป็นผงละเอียด เป็นส่วนผสม ซึ่งจะต่างกันทั้งชนิดและปริมาณตามสูตรของผู้ผลิต สำหรับสูตรที่ใช้ทำลูกแป้งเหล่านี้ในงานวิจัยมีดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ส่วนประกอบลูกแป้งเหล้า

ส่วนประกอบ	ปริมาณ (กรัม)
กระเทียม (<i>Allium sativa</i>)	40
ขิง (<i>Zingiber officinale</i>)	40
ข่า (<i>Alpinia siamensis</i>)	20
ชะเอม (<i>Myriopterum extensum</i>)	40
พริกไทย (<i>Piper nigrum</i>)	6
ดีปลี (<i>Piper chaba</i>)	6
หัวหอม (<i>Allium ascalonicum</i>)	20
ข้าวเจ้า (<i>Oryza sativa</i>)	2,500

ที่มา : สมพร (2544)

นอกจากเครื่องเทศ และสมุนไพรจากสูตรในตารางที่ 5 แล้ว ยังมีเครื่องเทศ และสมุนไพรที่นิยมใช้อีกได้แก่ ลูกจันทน์ (*Diospyros packmanni*), ลูกกระวาน (*Amomum xanthioides*), กานพลู (*Eugenia caryophyllata*), เมล็ดผักชี (*Coriandrum sativum*) และ โป๊ยกั๊ก (*Illicium verum*) เป็นต้น (ชัยวัฒน์, 2520)

การสกัดสารระเหยให้กลิ่นในไวน์ข้าวด้วยวิธี Headspace Solid-phase microextraction (SPME)

Solid-phase microextraction (SPME) เป็นเทคนิคในการสกัดสารระเหยจากตัวอย่างวิธีหนึ่งซึ่งประกอบด้วยเส้นใยซิลิกา ที่เคลือบด้วยสารโพลิเมอร์ โดยดูดซับสารระเหยจากตัวอย่างด้วยสารโพลิเมอร์ และนำสารให้กลิ่นออกจากตัวอย่างด้วยความร้อน ซึ่งไม่ต้องใช้ตัวทำละลายในการสกัด (Mestres *et al.*, 1998; Harmon, 2002)

การใช้ SPME มี 2 แบบคือการจุ่มไฟเบอร์ลงในตัวอย่างโดยตรง (direct) และ การดูดซับสารระเหยในช่องว่างเหนือตัวอย่าง (headspace) (Mestres *et al.*, 1998) โดยวิธีหลังช่วยลดผลการรบกวนขององค์ประกอบอื่นๆที่ไม่ใช่สารให้กลิ่นในไวน์ได้ (Hayasaka and Bartowsky, 1999) วิธี Headspace มีข้อจำกัดคือ สามารถใช้สกัดสารให้กลิ่นที่สามารถระเหยได้เท่านั้น (Boyce and Spickett, 2002) สารโพลิเมอร์ที่ใช้ดูดซับใน SPME มีหลายชนิด ในการเลือกใช้นั้นแล้วแต่ชนิดของสารที่เราต้องการวิเคราะห์ โพลิเมอร์ที่ไม่มีขั้ว (non-polar) ที่นิยมใช้คือ polydimethylsiloxane (PDMS) และ โพลิเมอร์ที่มีขั้ว (polar) ที่นิยมคือ polyacrylate (PA) และถ้าต้องการเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดสารให้กลิ่นให้มากขึ้น ก็มีไฟเบอร์ที่เคลือบโพลิเมอร์หลายชนิด เช่นเพิ่มโพลิเมอร์ชนิด carboxen, carbowax และ divinylbenzene (DVB) (Boyce and Spickett, 2002 ; Harmon, 2002)

อุปกรณ์สำหรับการสกัดด้วย headspace solid-phase microextraction (HS-SPME) ประกอบไปด้วยตัวเข็ม (plunger) ซึ่งมีลักษณะคล้ายเข็มฉีดยาขนาดใหญ่ ใช้ระบบสปริงในการนำตัวไฟเบอร์ที่มีโพลิเมอร์เคลือบอยู่ออกมา โดยมีแกนจับบังคับให้เข็มไฟเบอร์อยู่ในทิศทางที่ต้องการ (Harmon, 2002)

การสกัดสารให้กลิ่นที่ระเหยได้ด้วยวิธี HS-SPME มีประโยชน์ดังนี้

- 1) ไม่ต้องใช้ตัวทำละลาย
- 2) รวดเร็ว โดยประหยัดเวลาในการเตรียมตัวอย่าง
- 3) ใช้ตัวอย่างน้อย (Rodriquez-Bencomo *et al.*, 2003)
- 4) ใช้อุปกรณ์และเครื่องมือน้อย (Boyce and Spickett, 2002)
- 5) มีความไว (sensitive) ต่อสารระเหย (Boyce and Spickett, 2002)

ซึ่งวิธีนี้มีข้อจำกัด คือต้องมีความชำนาญ และเนื่องจากอาศัยหลักการสมดุลของการเกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างโพลิเมอร์กับสารให้กลิ่น จึงจำเป็นต้องควบคุมปัจจัยต่างๆในการสกัดให้ดี ได้แก่ ชนิดของสารเคลือบไฟเบอร์ ความหนาของสารเคลือบไฟเบอร์ ปริมาณตัวอย่าง ปริมาตรของ headspace องค์ประกอบของตัวอย่าง อุณหภูมิในการสกัด เวลาในการสกัดสารให้กลิ่น เวลาในการนำสารให้กลิ่นออกจากตัวไฟเบอร์ (desorption time) อัตราการกวนตัวอย่าง ค่า pH ของตัวอย่าง และการเติมสารช่วยในการสกัด เช่นเกลือ (Harmon, 2002)

ปัจจุบันได้มีการนำเทคนิคนี้ไปใช้ในงานวิจัยในไว้น้อย่างแพร่หลาย ยกตัวอย่าง เช่นงานวิจัยของ Hayasaka และ Bartowsky (1999) และ Rodriquez-Bencomo *et al.* (2003)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. วัตถุดิบ

- 1.1 กระชายดำ (*Kaempferia parviflora* Wall Ex Baker)
- 1.2 ชะเอมเทศ (*Glycyrrhiza glabra* L.)
- 1.3 ดอกจันทน์เทศ (*Myristica fragrans* Houtt)
- 1.4 เทียนขาว (*Lawsonia inermis* Linn.)
- 1.5 เทียนขาวเปลือย (*Anethum graveolens* Linn.)
- 1.6 ใบกระวาน (*Laurus nobilis* Linn)
- 1.7 พริกไทย (*piper nigrum* Linn.)
- 1.8 ลูกกระวาน (*Amomum krervanh* Pierre)
- 1.9 ขี้ผึ้ง
- 1.10 เชื้อราบริสุทธิ์ *Amylomyces* sp. M2 จากห้องปฏิบัติการไวน์ ดร.ลูกจันทร์ ภัทรชพันธุ์
- 1.11 เชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* จากห้องปฏิบัติการไวน์ ดร.ลูกจันทร์ ภัทรชพันธุ์

2. สารเคมี

- 2.1 โซเดียมคลอไรด์ (APS, Darmstadt, ออสเตรีย)
- 2.2 เฮกเซน, HPLC grade (Lab-Scan, Stillorgan Co Dublin, ไอร์แลนด์)
- 2.3 โซเดียมซัลเฟตปราศจากน้ำ (Fisher Chemicals, london, อังกฤษ)
- 2.4 สารมาตรฐาน internal standard
 - 2-undecanol (Aldrich, WI, สหรัฐอเมริกา)
 - 4-methyl-2-pentanol (Aldrich, WI, สหรัฐอเมริกา)
 - tridecane (Aldrich, WI, สหรัฐอเมริกา)

- 2-methoxy-4-propylphenol (Aldrich, WI, สหรัฐอเมริกา)
- 2.5 สารมาตรฐาน *n*-alkanes (hydrocarbons, C₆-C₂₆) (Aldrich, WI, สหรัฐอเมริกา)
- 2.6 สารมาตรฐานของสารระเหยที่ให้กลิ่น
 - (-)-(E)-caryophyllene (Fluka, Buchs, สวิตเซอร์แลนด์)
 - ethyl caprylate (Aldrich, Steinheim, เยอรมันนี)
 - 1-hexanol (Aldrich, Steinheim, เยอรมันนี)
 - isoamyl alcohol (Aldrich, Steinheim, เยอรมันนี)

3. เครื่องมือ

- 3.1 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง รุ่น AP 210-0 (Ohaus, สวิตเซอร์แลนด์)
- 3.2 เครื่องบดผสม (blender) รุ่น 32BL80 (8011) (Waring, สหรัฐอเมริกา)
- 3.3 เครื่องกวนแบบแม่เหล็ก รุ่น RCT Basic (Ika Werke, มาเลเซีย)
- 3.4 เครื่องโฮโมจีไนเซอร์ (homogenizer) พร้อมหัวปั่นขนาดเล็ก (Ika, เยอรมันนี)
- 3.5 ตู้อบลมร้อน รุ่น UM400 (Memmert, สหรัฐอเมริกา)
- 3.6 เทอร์โมมิเตอร์ รุ่น S-506 (Microprocessor Based, ใต้หวัน)
- 3.7 เตาไฟฟ้า รุ่น TOE-12 (Tema Dis Ticaret A.S., ตุรกี)
- 3.7 ตู้แช่แข็ง (freezer -40°C) รุ่น MDF-435 (Sanyo, ญี่ปุ่น)
- 3.8 Gas chromatography (GC) รุ่น HP 6890 (Agilent Technologies Inc., Palo Alto, CA, สหรัฐอเมริกา) คู่กับ mass selective dectector (mass spectrometer; MS) รุ่น HP 5973 (Agilent Technologies Inc., Palo Alto, CA สหรัฐอเมริกา)

วิธีการ

1. การวิเคราะห์สารระเหยในกระชายดำ พริกไทย ใบกระวาน ลูกกระวาน ดอกจันทร์เทศ ชะเอมเทศ เทียนขาว และ เทียนขาวเปลือก

1.1 การเตรียมวัตถุดิบ

นำกระชายดำสด และ พริกไทยสด (จากตลาดสดอมรพันธ์ บางเขน กรุงเทพฯ) ซึ่งคัดเลือกแล้ว มาคัดส่วนที่มีตำหนิทิ้ง ล้างด้วยน้ำกลั่นให้สะอาด เครื่องเทศชนิดอื่น ได้แก่ ชะเอมเทศ เทียนขาว เทียนขาวเปลือก ใบกระวาน และลูกกระวาน เป็นเครื่องเทศที่ผ่านการทำให้แห้งมาแล้ว ชื้อจากร้านเวชพงศ์โอสด จักรวรรดิ กรุงเทพฯ

ปอกเปลือกและหั่นกระชายดำ หนาประมาณ 0.2 เซนติเมตร ส่วนพริกไทย นำก้านออกจากพริกไทย สำหรับชะเอมเทศ ดอกจันทร์เทศ เทียนขาว เทียนขาวเปลือก ใบกระวาน และลูกกระวาน ใช้ทุกส่วน

1.2 การสกัดสารระเหย

ชั่งสมุนไพรทั้ง 8 ชนิดที่ได้จากข้อ 1.1 จำนวน 20 กรัม เติมโซเดียมคลอไรด์ 20 กรัม และสารละลาย internal standard 80 μ l internal standard ประกอบด้วย tridecane, 2-methoxy-4-propylphenol และ 2-undecanol อย่างละ 14.78, 14.52 และ 16.74 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ในเฮกเซน ตามลำดับ เติมนิโตรเจนเหลวประมาณ 200 มิลลิลิตร ลงในตัวอย่างผสมในเครื่องบดผสม เพื่อไม่ให้ความร้อนที่เกิดขึ้นในกระบวนการบดทำลายสารระเหยในตัวอย่าง บดจนละเอียด ถ่ายตัวอย่างใส่ขวดแก้วฝาเกลียวขนาด 250 มิลลิลิตร เติมเฮกเซนที่เก็บไว้ในตู้เย็นที่มีอุณหภูมิประมาณ 5 °C 80 มิลลิลิตร และกวนด้วยเครื่องโฮโมจีไนเซอร์ 5 นาที ที่ความเร็ว 11,000 รอบ/นาที จากนั้นสกัดตัวอย่างด้วยเครื่องกวนแบบแม่เหล็กที่ความเร็ว 770 รอบ/นาที เป็นเวลา 30 นาที ใช้หลอดหยดดูดส่วนของตัวทำละลายเก็บไว้ นำกากไปสกัดซ้ำด้วยเฮกเซนต่ออีก 3 ครั้ง รวมส่วนของตัวทำละลายที่สกัดได้ทั้ง 4 ครั้ง แล้วทำให้เข้มข้นโดยการเป่าก๊าซไนโตรเจนเบา ๆ จนมีปริมาตรลดลงเหลือ 50 มิลลิลิตร

ถ่ายสารสกัดจากตัวอย่างใส่ขวดก้นกลมขนาด 250 มิลลิลิตร แล้วแช่ในไนโตรเจนเหลวจนแข็ง ต่อขวดก้นกลมกับเครื่องกลั่นระบบสุญญากาศ กลั่นตัวอย่างที่ระดับสุญญากาศประมาณ 10^{-5} ทอร์ร์ โดยช่วงแรกกลั่นที่อุณหภูมิห้อง 1 ชั่วโมง จากนั้นหล่อน้ำอุ่นอุณหภูมิ 50 °C ที่ขวดก้นกลมใส่ตัวอย่างเพื่อกลั่นต่ออีก 1 ชั่วโมง นำสารที่กลั่นได้ในขวดกักเก็บแรก (first trap) ไปทำให้เข้มข้นโดยการเป่าก๊าซไนโตรเจนเบา ๆ จนได้ปริมาตร 5 มิลลิลิตร เทผ่านโซเดียมซัลเฟตปราศจากน้ำ 2 กรัม เพื่อกำจัดความชื้น เป่าก๊าซไนโตรเจนเบา ๆ ให้ตัวอย่างเข้มข้นจนมีปริมาตร 1 มิลลิลิตร เก็บตัวอย่างในขวดแก้วสีชาที่อุณหภูมิ -40 °C เพื่อใช้วิเคราะห์ต่อไป

1.3 การวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารระเหย

วิเคราะห์ตัวอย่างแต่ละชนิดที่ได้จากข้อ 1.2 จำนวน 1 ไมโครลิตร ด้วยเครื่อง Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) โดยฉีดตัวอย่าง 1 μ l (ที่ split ratio 100:1 สำหรับพริกไทย, เทียนขาว, เทียนขาวเปลือก และดอกจันทร์เทศ 50:1 สำหรับใบกระวาน, ลูกกระวาน และชะเอมเทศ และ 20:1 สำหรับกระชายดำ) อุณหภูมิของ inlet เท่ากับ 200 °C ใช้ก๊าซฮีเลียมบริสุทธิ์ 99.999% เป็น carrier gas ด้วยอัตราการไหลคงที่ที่ 1.7 มิลลิลิตร/นาที แยกสารระเหยด้วยแคปิลารีคอลัมน์ 2 ชนิด คือคอลัมน์ HP-5 ยาว 60 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.25 มิลลิเมตร ชั้นเคลือบหนา 0.25 ไมโครเมตร โดยตั้งอุณหภูมิเริ่มต้นของดิวบที่ 45 °C แล้วเพิ่มขึ้นด้วยอัตรา 3 องศาเซลเซียส/นาที จนถึง 210 องศาเซลเซียส และคงอุณหภูมินี้เป็นเวลา 10 นาที ร่วมกับการใช้คอลัมน์ FFAP ขนาด 60 เมตร $\times$ 0.25 มิลลิเมตร $\times$ 0.25 ไมโครเมตร ที่สภาวะเดียวกัน บ่งชี้ชนิดของสารด้วยเครื่อง MS ที่ใช้แหล่งกำเนิดไอออนแบบอิเล็กตรอนอิมแพ็ค (Electron-Impact Ionization, EI) และมีค่าพลังงานไอออนไนเซชัน 70 อิเล็กตรอนโวลต์ ช่วงในการสแกน 30-300 m/z ที่ความเร็ว 2.74 scan/sec

ระบุชนิดของสารโดยเปรียบเทียบข้อมูล mass spectrum ของสารแต่ละชนิด กับฐานข้อมูล Wiley 275 library ร่วมกับการเปรียบเทียบค่า retention index (RI) ของสารแต่ละชนิดกับฐานข้อมูลอื่น ๆ เช่น ESO (Boelens Aroma Chemical Information Service, 1999) และ Rychlik *et al.* (1998) ที่ใช้คอลัมน์ชนิดเดียวกัน ซึ่งค่า RI นี้คำนวณได้จากค่า retention time (RT) ของสารแต่ละชนิดกับค่า RT ของสารมาตรฐาน *n*-alkanes (C_6 - C_{26}) ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยคอลัมน์และสภาวะการ

วิเคราะห์เดียวกันกับตัวอย่าง (Van den Dool and Kratz, 1963) ตามสมการข้อ 2 ในภาคผนวกเรื่องการวิเคราะห์ทางเคมี และยืนยันชนิดสารด้วยสารมาตรฐานชนิดนั้น ๆ

หาพื้นที่ใต้พีคของสารด้วย Chemstation Software B.02.05 (Copyright 1987-1997, Hewlett Packard) แล้วคำนวณหาปริมาณสาร โดยการเปรียบเทียบพื้นที่ใต้พีคของสารแต่ละชนิดกับพื้นที่ใต้พีคของ internal standard (2-undecanol สำหรับ linalool และ แอลกอฮอล์, tridecane สำหรับ hydrocarbon และ 2-methoxy-4-propylphenol สำหรับสารประกอบในกลุ่ม phenol) แล้วรายงานเป็นความเข้มข้นสัมพัทธ์ของสารชนิดนั้น ๆ ในตัวอย่างเครื่องเทศและสมุนไพรสด (ไมโครกรัม/กรัม หรือ ppm)

2. การวิเคราะห์สารระเหยในไวน์ข้าว

2.1 การเตรียมข้าวนี้้ง

ซังข้าวเหนียวจำนวน 50 กรัม ใส่พลาสติกขนาด 250 มิลลิตร จำนวน 9 ใบ เติมน้ำ 0.75 เท่าของน้ำหนักข้าวเหนียว ปิดปากพลาสติกด้วยสำลี นำไปนึ่งให้สุก และฆ่าเชื้อที่ 121°C ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 30 นาที ทิ้งให้เย็น

2.2 ผลิตไวน์ข้าว

นำข้าวจากข้อ 2.1 มา เติมน้ำที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ 0.6 เท่าของน้ำหนักข้าว เพื่อใช้ในการแยกข้าว แล้วใส่เชื้อกลั่นเชื้อราบริสุทธิ์ *Amylomyces* sp. M2 0.02 เท่าของน้ำหนักข้าวเริ่มต้นก่อนเติมน้ำลงไปคลุกให้ทั่วกัน บ่มที่อุณหภูมิห้อง (30 °C) เป็นเวลา 2 วัน ซึ่งสมุนไพรกระชายดำ, พริกไทย, เทียนขาว, ชะเอม และเทียนข้าวเปลือก 0.50 กรัม ใส่ในแต่ละพลาสติก และใบกระวาน, ลูกกระวาน และ ดอกจันทร์เทศ 0.25 กรัมในแต่ละพลาสติก หลังจากนั้นเติมน้ำอีก 2 เท่าของน้ำหนักข้าว แล้วเติมยีสต์ 0.01 เท่าของน้ำหนักน้ำที่เดิม บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้อง 21 วัน

เมื่อครบ 21 วันแล้วใช้ผ้าขาวบางกรองแยกกากออก แล้วใส่ไวน์ข้าวที่ได้ในขวดมีฝาปิด ขนาด 250 มิลลิลิตร โดยใส่อากาศออกด้วยก๊าซไนโตรเจน แล้วเก็บไว้ที่ตู้แช่แข็งอุณหภูมิ -40°C เพื่อนำมาวิเคราะห์สารระเหยให้กลิ่นรสต่อไป

2.3 การวิเคราะห์ชนิด และปริมาณสารระเหยให้กลิ่นรสในไวน์ข้าว

ทำการสกัดสารระเหยด้วยวิธี SPME นำไวน์ที่ได้จากข้อ 2.2 ปริมาณ 5 มิลลิลิตร ใส่ในขวด เฮดสเปส (HS) ขนาด 20 มิลลิลิตร โดยใส่โซเดียมคลอไรด์ 3.0 กรัม เติม internal standard 4-methyl-2-pentanol (ความเข้มข้น 2.88 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) 10 ไมโครลิตร และใส่ stir bar ขนาด 1 เซนติเมตร ลงไป จากนั้นจึงปิดฝาให้สนิท

สภาวะที่ใช้ คือ ใช้ไฟเบอร์ชนิด 60 μm StableFlex PDMS/DVB โดยใช้เวลาในการสกัด 60 นาที อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ปั่นด้วยความเร็ว 770 รอบต่อนาที และเวลาในการปลดปล่อยสารระเหยเพื่อเข้าสู่เครื่อง 10 นาที

วิเคราะห์ตัวอย่างแต่ละชนิดที่ได้ ด้วยเครื่อง Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) การฉีดตัวอย่างเป็นแบบ splitless mode อุณหภูมิของ inlet 200°C ใช้ก๊าซฮีเลียมบริสุทธิ์ 99.999% เป็น carrier gas ด้วยอัตราการไหลคงที่ที่ 2.4 มิลลิลิตร/นาที แยกสารระเหยด้วยแคปิลารี คอลัมน์ 2 ชนิด คือคอลัมน์ HP-5 ยาว 60 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.25 มิลลิเมตร ชั้นเคลือบหนา 0.25 ไมโครเมตร โดยตั้งอุณหภูมิเริ่มต้นของตู้อบที่ 45 องศาเซลเซียส แล้วเพิ่มขึ้นด้วยอัตรา 5 องศาเซลเซียส/นาที จนถึง 210 องศาเซลเซียส และคงอุณหภูมินี้เป็นเวลา 10 นาที ร่วมกับการใช้คอลัมน์ FFAP ขนาด 60 เมตร $\times$ 0.25 มิลลิเมตร $\times$ 0.25 ไมโครเมตร อัตราการไหลคงที่ที่ 2.4 มิลลิลิตร/นาที อุณหภูมิเริ่มต้นของตู้อบที่ 45°C แล้วเพิ่มขึ้นด้วยอัตรา 4 องศาเซลเซียส/นาที จนถึง 210°C หลังจากนั้นทำการบ่งชี้ชนิดของสารเช่นเดียวกับข้อ 1.3 โดยเปรียบเทียบปริมาณกับ internal standard (4-methyl-2-pentanol)

3. การวิเคราะห์สารให้กลิ่นที่สำคัญในไวน์ข้าว

วิเคราะห์สารให้กลิ่นที่สำคัญ (aroma active compounds) ในไวน์ข้าวด้วยวิธี Aroma Extract Dilution Analysis (AEDA) โดยนำสารสกัดของ 2.3 แล้วให้ผู้ทดสอบ (นิสิตปริญญาโท ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร) ที่ผ่านการคัดเลือกและฝึกฝนจำนวน 2 คน ทดสอบลักษณะกลิ่นของสารระเหยในไวน์ข้าวแต่ละชนิดด้วยเครื่อง Gas Chromatography-Olfactometry (GC-O) ซึ่งปลายของคอลัมน์แยกเป็นสองส่วน (1:1) เพื่อให้สารที่แยกได้ไปที่ Flame Ionization Detector (FID) ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส กับ sniffing port โดยใช้สภาวะของเครื่อง GC เช่นเดียวกับข้อ 1.3 แต่กำหนดเป็น splitless mode และแยกสารระเหยโดยใช้แคปิลารีคอลัมน์ HP-5 ขนาด 30 เมตร $\times$ 0.25 มิลลิเมตร $\times$ 0.25 ไมโครเมตร

ผู้ทดสอบจะดมกลิ่นของสารระเหยที่ sniffing port โดยสูบลำดับการดม (ไม่เรียงลำดับการเจือจาง) เพื่อป้องกันอคติ แล้วเปรียบเทียบค่า RI ของสารที่ให้กลิ่นกับค่า RI ที่ได้ เพื่อระบุชนิดของสารที่ให้กลิ่น แล้วรายงานเป็น FD factor ของแต่ละสาร ซึ่งค่านี้เป็นระดับที่เจือจางมากที่สุดที่ผู้ทดสอบยังคงได้กลิ่น

4. การทดสอบกลิ่นไวน์ข้าวโดยการประเมินทางประสาทสัมผัส

ทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสโดยใช้การทดสอบเชิงพรรณนา (Descriptive Test) โดยใช้ตัวอย่างแต่ละชนิดปริมาณ 10 มิลลิลิตร แล้วให้ผู้ทดสอบ 5 คนที่มีความรู้ด้านกลิ่นเป็นอย่างดี คือมีประสบการณ์ทางด้านกลิ่นรสมามากกว่า 2 ปี ประเมินคุณลักษณะด้านลักษณะกลิ่นแอลกอฮอล์ กลิ่นสมุนไพร กลิ่นไม้ กลิ่นหอมหวาน กลิ่นผลไม้ และความชอบโดยรวม โดยการบรรยาย

5. การวิเคราะห์ทางสถิติ

ทำการทดลองทำ 3 ซ้ำ (triplicates) โดยการทดลองข้อ 1 และ 2 วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ที่วัดค่าซ้ำ 2 ครั้ง ในแต่ละการทำซ้ำ ($n = 6$)

วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการทดลองเปรียบเทียบผลของสมุนไพรและเครื่องเทศต่อชนิดและปริมาณสารระเหยในไวน์ข้าว ด้วยโปรแกรม SPSS (version 10.0) ถ้ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จะนำมาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's New Multiple's Range Test (DMRT)

6. สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

7. ระยะเวลาในการทดลอง

การทดลองเริ่มตั้งแต่เดือนเมษายน พ.ศ. 2546 สิ้นสุดเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2548

ผลและวิจารณ์

การเลือกสมุนไพรมาใช้ในการทดลองได้เลือกใช้สมุนไพรที่มีรายงานว่ามีการใช้เป็นองค์ประกอบในลูกแป้ง รวมถึงสมุนไพรอื่นที่เป็นที่นิยม ในการทดลองเบื้องต้นได้หมักไว้น้ำข้าว ร่วมกับการผสมสมุนไพร 0.5 และ 1.0 % ของน้ำหนักข้าวสาร เพื่อพิจารณาแนวโน้มของการใช้สมุนไพรที่มีผลต่อกลิ่นโดยรวมของไว้น้ำข้าว สมุนไพรและเครื่องเทศที่ใช้ ได้แก่ ลูกกระวาน ตะไคร้ กระชายดำ เปราะหอม กระเทียม เทียนขาว กานพลู ดีปลี ใบกระวาน เจตมูลเพลิง ข่า โกงฐกระดูก ใบยี่หัด พริกไทย ชะเอมเทศ ดอกจันทร์เทศ ห้าม จิง เทียนข้าวเปลือก และ เทียนสัตตบงกช ผลดังในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลทางประสาทสัมผัสของกลิ่นไว้น้ำข้าวผสมสมุนไพร 0.5 และ 1.0 % ของน้ำหนักข้าวสาร

สมุนไพร	ความเข้มข้น (%) ^a	กลิ่นผลไม้	กลิ่นสมุนไพร	กลิ่นอื่นๆ
ตัวอย่างไว้น้ำข้าวควบคุม	-			
กระชายดำ	0.5	++++	+	หอมหวาน
	1.0	+++++	+	หอมหวาน เข้ม
กระเทียม	0.5	++	+++++	-
	1.0	+	+++++	ฟาง
กานพลู	0.5	+	+++++	คล้ายยา
	1.0	+	+++++	คล้ายยา ขมมาก
โกงฐกระดูก	0.5	+	+	-
	1.0	+	+	คล้ายยา
ข่า	0.5	++	+	-
	1.0	+	++++	คล้ายยา
จิง	0.5	+++	-	-
	1.0	+++	-	-
เจตมูลเพลิง	0.5	+++	-	แอลกอฮอล์
	1.0	++	+	-

ตารางที่ 6 (ต่อ)

สมุนไพร	ความเข้มข้น (%) ^a	กลิ่นผลไม้	กลิ่นสมุนไพร	กลิ่นอื่นๆ
ชะเอมเทศ	0.5	+++	+	-
	1.0	+	+++	-
ดีปลี	0.5	+	+	-
	1.0	+	+	-
ดอกจันทน์เทศ	0.5	+++	+++	-
	1.0	+	+++++	-
ตะไคร้	0.5	++	-	-
	1.0	++	-	-
เทียนขาว	0.5	++++	+	-
	1.0	+++++	+	-
เทียนข้าวเปลือก	0.5	+++	+	-
	1.0	++++	+++	-
เทียนสัตตบงกช	0.5	+++	+	-
	1.0	++++	+++	-
ใบกระวาน	0.5	+++++	+++	-
	1.0	++	+++++	-
โป๊ยกั๊ก	0.5	++	+++++	-
	1.0	+	+++++	-
เปราะหอม	0.5	+++	-	-
	1.0	++	-	คล้ายชา
พริกไทย	0.5	+++	-	-
	1.0	+++	+	มินท์
ลูกกระวาน	0.5	++	+++	เย็น ขม
	1.0	+	++++	ขมมาก

ตารางที่ 6 (ต่อ)

สมุนไพร	ความเข้มข้น (%) ^a	กลิ่นผลไม้	กลิ่นสมุนไพร	กลิ่นอื่นๆ
เห้ม	0.5	+++	-	-
	1.0	+++	-	-

หมายเหตุ ^a ปริมาณคิดเป็น % ของน้ำหนักข้าวสาร

กลิ่นผลไม้ + = กลิ่นอ่อนกว่าตัวอย่างควบคุมมาก
 ++ = กลิ่นอ่อนกว่าตัวอย่างควบคุมเล็กน้อย
 +++ = กลิ่นเท่ากับตัวอย่างควบคุม
 ++++ = กลิ่นแรงกว่าตัวอย่างควบคุมเล็กน้อย
 +++++ = กลิ่นแรงกว่าตัวอย่างควบคุมมาก

กลิ่นสมุนไพร - = ไม่มีกลิ่น
 + = มีกลิ่นจาง ๆ
 ++ = มีกลิ่นเล็กน้อย
 +++ = กลิ่นพอดี
 ++++ = กลิ่นแรงมาก
 +++++ = กลิ่นแรงมากที่สุด

จากการทดลองเบื้องต้น สมุนไพรที่ให้กลิ่นไว้น้ำข้าวที่มีกลิ่นผลไม้เท่ากับ หรือมากกว่าตัวอย่างไว้น้ำข้าวควบคุม และมีกลิ่นสมุนไพรพอดี รวมถึงมีกลิ่นอื่น ๆ ที่ดี ได้แก่ กระชายดำ 1.0 % ชะเอมเทศ 1.0 % ดอกจันทร์เทศ 0.5 % เทียนขาว 1.0 % เทียนข้าวเปลือก 1.0 % เทียนสัตตบงกช 1.0 % ใบกระวาน 0.5 % พริกไทย 1.0 % และ ลูกกระวาน 0.5 % จึงเลือกใช้ในการทำการทดลองต่อไป แต่เนื่องจากไว้น้ำข้าวที่ใส่ เทียนสัตตบงกช มีลักษณะกลิ่นเหมือนกับ ไว้น้ำข้าวที่ใส่เทียนข้าวเปลือก จึงไม่ใช้ในการทดลอง

1. สารระเหยในสมุนไพรและเครื่องเทศ

ในการทดลองได้วิเคราะห์สารระเหยให้กลิ่นจากสมุนไพรและเครื่องเทศที่คัดเลือกต่อไปนี้คือ กระชายดำ ชะเอมเทศ ดอกจันทน์เทศ เทียนขาว เทียนขาวเปลือก ใบกระวาน พริกไทยสด และ ลูกกระวาน การสกัดสารให้กลิ่นจากเครื่องเทศใช้การสกัดด้วยตัวทำละลายที่อุณหภูมิห้อง การทดลองเบื้องต้นได้ทดลองใช้ตัวทำละลายได้แก่ ไดคลอโรมีเทน เพนเทน และเฮกเซน ทำการสกัดซ้ำ 5 ครั้ง นำสารที่สกัดได้ทำให้เข้มข้น และวิเคราะห์หาชนิด และปริมาณสารระเหยด้วย GC-MS พบว่า ตัวทำละลายเฮกเซนสามารถสกัดสารระเหยได้มากชนิด และมีปริมาณมากที่สุด เมื่อเทียบกับตัวทำละลายชนิดอื่น

1.1 สารระเหยในกระชายดำสด

สารระเหยในกระชายดำสดมีทั้งสิ้น 15 ชนิด ดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 7 สารระเหยที่ได้ส่วนใหญ่เป็นสารประกอบเทอร์พีนทั้ง monoterpene และ sesquiterpene โดยสารระเหยที่มีมากที่สุดคือ β -pinene คิดเป็น 19.9 % ของสารระเหยทั้งหมด สารระเหยที่มีปริมาณรองลงมา คือ *l*-linalool, camphene และ *endo*-borneol คิดเป็น 15.1, 12.2 และ 11.8 % ตามลำดับ (ตารางที่ 7) กระชายดำมีสารระเหยโดยรวมค่อนข้างน้อย

1.2 สารระเหยในชะเอมเทศ

สารระเหยในชะเอมเทศมีทั้งสิ้นเพียง 14 ชนิด ตามตารางที่ 7 โดยสารระเหยที่มีมากที่สุดในการชะเอมเทศ คือ β -pinene คิดเป็น 52.8 % ของปริมาณสารระเหยทั้งหมด สารระเหยที่มีปริมาณรองลงมา คือ sabinene คิดเป็น 15.1 % (ตารางที่ 7) ซึ่งทั้งสองชนิดเป็นสารประกอบ monoterpene ทั้ง 2 ชนิด

1.3 สารระเหยในดอกจันทน์เทศ

สารระเหยในดอกจันทน์เทศมีทั้งสิ้น 31 ชนิด (ตารางที่ 7) โดยสารระเหยที่มีมากที่สุด

ที่สุดคือ monoterpene ได้แก่ sabinene คิดเป็น 28.9% ของสารระเหยทั้งหมด และ β -phellandrene คิดเป็น 22.9% (ตารางที่ 7) ซึ่งเป็นสารประกอบ monoterpene ทั้ง 2 ชนิด สารระเหยที่ได้ส่วนใหญ่ คล้ายกับผลวิจัยของ Davis and Cooks (1982) ซึ่งได้ทดลองสกัดสารระเหยจากดอกจันทน์เทศ พบ สารระเหยทั้งหมด 37 ชนิด โดยสารส่วนใหญ่เป็นสารประกอบเทอร์พีน พบ sabinene และ β -phellandrene เป็นองค์ประกอบหลัก และในงานวิจัยของ Health (1981) พบ sabinene มากที่สุดใน ดอกจันทน์เทศ เช่นกัน

1.4 สารระเหยในเทียนขาว

เทียนขาวมีสารระเหยโดยรวมสูงสารระเหยในเทียนขาวมีทั้งสิ้น 39 ชนิด (ตารางที่ 7) โดยสารระเหยที่มีมากที่สุดคือ *p*-cymene คิดเป็น 29.4 % ของสารระเหยทั้งหมด จากรายงานของ สุพจน์ (2543) รายงานว่าสารระเหยสำคัญที่ทำให้เทียนขาวมีกลิ่นเฉพาะคือ cuminic aldehyde และ *p*-cymene สารระเหยที่มีปริมาณรองลงมา คือ γ -terpinene คิดเป็น 26.6 % (ตารางที่ 7) ซึ่งเป็น สารประกอบ monoterpene Behera *et al.* (2004) และ Varo and Heinz (1970) ศึกษาสารระเหยใน น้ำมันหอมระเหยที่ได้จากการกลั่นของเทียนขาว พบ γ -terpinene และ cuminic aldehyde มากที่สุด และมี *p*-cymene รองลงมา ซึ่งในผลการทดลองไม่มี cuminic aldehyde ในตัวอย่าง เนื่องจากใช้วิธีสกัด ต่างกัน

1.5 สารระเหยในเทียนข้าวเปลือก

สารระเหยในเทียนข้าวเปลือกมีทั้งสิ้น 19 ชนิด ตามตารางที่ 8 โดยสารระเหยที่มีมากที่สุดคือ (*E*)-anethole คิดเป็น 40.5 % ของสารระเหยทั้งหมด สารระเหยที่มีปริมาณรองลงมา คือ limonene, fenchone และ estragole คิดเป็น 20.4 , 18.6 และ 7.7 % ตามลำดับ (ตารางที่ 8) ซึ่ง fenchone เป็นสารระเหยที่นิยมนำมาทำน้ำมันยี่ห่วย (Bauer *et al.*, 1997) เนื่องจากมีลักษณะกลิ่นการบูร และกลิ่นหอมหวาน

เช่นเดียวกับการทดลองของ Guillen and Manzanos (1996) พบ estragole และ fenchone ใน ปริมาณมาก ส่วนงานวิจัยของ Mordy (2001) พบ (*E*)-anethole ในปริมาณมาก

1.6 สารระเหยในใบกระวาน

สารระเหยในใบกระวานมีทั้งสิ้น 43 ชนิด ตามตารางที่ 8 ส่วนใหญ่เป็นสารประกอบ monoterpene สารระเหยที่มีมากที่สุดคือ *l*-linalool คิดเป็น 62.3 % ของสารระเหยทั้งหมด สารระเหยที่มีปริมาณรองลงมา คือ 1,8-cineole คิดเป็น 15.3 % (ตารางที่ 8) สำหรับงานวิจัยของ Dadalioglu and Evrendilek (2004) ซึ่งสกัดสารระเหยของใบกระวานโดยการกลั่นด้วยไอน้ำพบ 1,8-cineole มากที่สุด แต่พบ linalool เพียง 0.73 % เท่านั้น อาจเป็นเพราะวิธีการสกัด และตัวอย่างต่างกัน

1.7 สารระเหยในพริกไทยสด

สารระเหยในพริกไทยสดมีทั้งสิ้น 33 ชนิด ตามตารางที่ 8 โดยสารระเหยที่มีมากที่สุดคือ (*E*)- β -caryophyllene คิดเป็น 28.9 % ของสารระเหยทั้งหมด สารระเหยที่มีปริมาณรองลงมา คือ limonene และ δ -3-carene คิดเป็น 18.5 และ 16.1 % ตามลำดับ (ตารางที่ 8) โดยสารระเหยทั้ง 3 ตัว เป็นสารที่พบในงานวิจัยของ Debrauwere and Verzele (1976) รวมถึง α -pinene, camphene, β -pinene, myrcene, *p*-cymene, α -copaene, β -cubebene, β -elemene, α -humulene และ δ -cadinene

การสกัดสารระเหยจากเมล็ดพริกไทยแห้ง โดยการกลั่นด้วยไอน้ำ พบว่าสารระเหยที่มีมากที่สุดในการพริกไทยดำ (*P. Nigrum*) และพริกไทยขาว (*P. guineense*) คือ (*E*)- β -caryophyllene เช่นเดียวกับ การทดลอง และสารระเหยที่มีมากที่สุดในการพริกไทยดำ (*P. nigrum*) คือ limonene (Jirovetz *et al.*, 2002)

1.8 สารระเหยในลูกกระวาน

สารระเหยในลูกกระวานมีทั้งสิ้น 34 ชนิด ตามตารางที่ 8 โดยสารระเหยที่มีมากที่สุดคือ β -pinene คิดเป็น 48.1 % ของสารระเหยทั้งหมด สารระเหยที่มีปริมาณรองลงมา คือ 1,8-cineole และ α -pinene คิดเป็น 12.7 และ 11.0 %

ตารางที่ 7 ความเข้มข้นของสารระเหย (ppm) ในกระชายดำ (B) ชะเอม (S) ดอกจันทน์เทศ (M) และเทียนขาว (C)

สารระเหย	ลักษณะกลิ่น ^a	RI		threshold (ppb)	B ^b		S ^c		M ^d		C ^e	
		HP-5	FFAP		concn. ^f	% ^g	concn. ^f	% ^g	concn. ^f	% ^g	concn. ^f	% ^g
α -thujene	spicy, terpinic, citrusy	924	1022	n.a.	-	-	-	-	2776.5	2.1	573.4	0.6
α -pinene	resinous, pine, terpeny, nutty, dry, flower	931	1018	6 ^k	6.1	10.2	0.1	0.8	7127.6	5.4	2253.0	2.4
α -fenchene	-	943	n.a.	n.a.	-	-	-	-	-	-	25.9	0.0
camphene	oily, camphoraceous, insipid odor	945	1058	n.a.	7.3	12.2	-	-	172.7	0.1	130.7	0.1
sabinene	woody, terpene, citrus, pine with spice nuance	971	1116	75 ^h	1.2	2.0	1.8	9.8	28762.1	22.9	-	-
β -pinene	dry, woody, resinous-piney, sweet drops, dirty	973	n.a.	140 ^k	12.0	19.9	9.7	52.8	1452.2	1.5	17156.7	18.0
δ -3-carene	sweet and pungent	977	1119	n.a.	-	-	0.1	0.5	61.7	0.0	82.2	0.1
β -myrcene	resinous terpene, metallic, flower	989	1161	13 ^h	-	-	-	-	3484.9	2.7	1443.5	1.5
<i>l</i> -phellandrene	fresh, spicy, peppery, woody-minty	1002	1157	n.a.	-	-	-	-	3980.7	3.0	155.3	0.2

ตารางที่ 7 (ต่อ)

สารระเหย	ลักษณะกลิ่น ^a	RI		threshold (ppb)	B ^b		S ^c		M ^d		C ^e	
		HP-5	FFAP		concn. ^f	% ^g	concn. ^f	% ^g	concn. ^f	% ^g	concn. ^f	% ^g
α -terpinene	refreshing, lemony-citrusy terpene, peasant odor of lemons	1014	1171	n.a.	-	-	-	-	660.8	0.5	253.1	0.3
benzene,1-methyl-4-(1-methylethyl)	-	1020	n.a.	n.a.	0.2	0.4	0.9	4.7	-	-	-	-
<i>l</i> -limonene	fresh, sweet, hydrocarbon and citrus, pleasant lemon -like, orange, flower	1023	1190	10 ^k	2.2	3.6	1.2	6.3	15138.2	11.6	888.4	0.9
<i>p</i> -cymene	strong, characteristic, terpene, oxidized lemon note, fuel-like	1026	n.a.	13 ^j	-	-	-	-	1233.0	0.9	28032.2	29
1,8-cineol	strong, camphoraceous, cool, fresh, spicy, mint- like	1032	1198	12 ^k	1.4	2.3	0.9	4.8	702.3	0.5	210.6	0.2
β -phellandrene	terpeny	1037	1196	36 ^k	-	-	-	-	30029.1	22.9	-	-

ตารางที่ 7 (ต่อ)

สารระเหย	ลักษณะกลิ่น ^a	RI		threshold (ppb)	B ^b		S ^c		M ^d		C ^e	
		HP-5	FFAP		concn. ^f	% ^g	concn. ^f	% ^g	concn. ^f	% ^g	concn. ^f	% ^g
(<i>E</i>)- β -ocimene	sweet, herbaceous terpene	1047	1247	n.a.	-	-	-	-	220.3	0.2	-	-
γ -terpinene	refreshing herbaceous- citrus like terpene	1058	1238	n.a.	-	-	-	-	1053.5	0.8	25355.1	26
(<i>E</i>)-sabinene hydrate	sweet, reminiscent of terpineol	1067	1460	n.a.	-	-	-	-	6048.4	4.6	-	-
α -terpinolene	sweet, piney, slight anisic, citrus	1088	1271	200 ^k	-	-	-	-	273.6	0.2	358.7	0.4
(<i>Z</i>)-sabinene hydrate	sweet, reminiscent of terpineol	1099	1271	n.a.	-	-	-	-	3819.9	2.9	35.3	0.0
fenchone	camphoraceous, strong, diffusive, sweet odor	1088	1202	n.a.	4.7	7.8	-	-	-	-	-	-
<i>l</i> -linalool	floral-woody with faint citrus note, flora	1100	1547	6 ^k	9.1	15.1	-	-	68.9	0.1	45.5	0.0

ตารางที่ 7 (ต่อ)

สารระเหย	ลักษณะกลิ่น ^a	RI		threshold (ppb)	B ^b		S ^c		M ^d		C ^e	
		HP-5	FFAP		concn. ^f	% ^g	concn. ^f	% ^g	concn. ^f	% ^g	concn. ^f	% ^g
fenchol	strong, camphoraceous, sweet odor; bitter citrus- lime notes	1115	1578	n.a.	-	-	-	-	-	-	46.0	0.0
pinocarveol	sweet, pine-camphoraceous with slight minty odor	1141	1650	n.a.	-	-	-	-	-	-	86.2	0.1
camphor	harsh, minty-cooling characteristic camphor odor; bitter taste	1147	n.a.	324 ⁱ	-	-	0.7	3.7	-	-	1.6	0.0
isoborneol	camphoraceous, somewhat pine-like aroma and taste	1160	n.a.	n.a.	-	-	0.6	3.1	-	-	-	-
pinocarvone	nut like odor; walnut taste	1165	1621	n.a.	-	-	-	-	-	-	22.4	0.0
endo-borneol	sharp, camphoraceous, woody, peppery reminiscent of mint	1168	1696	140000 ^l	7.1	11.8	0.1	0.6	-	-	56.1	0.1
4- <i>t</i> -pentyl cyclohexene	-	1170	n.a.	n.a.	-	-	-	-	-	-	69.9	0.1

ตารางที่ 7 (ต่อ)

สารระเหย	ลักษณะกลิ่น ^a	RI		threshold (ppb)	B ^b		S ^c		M ^d		C ^e	
		HP-5	FFAP		concn. ^f	% ^g	concn. ^f	% ^g	concn. ^f	% ^g	concn. ^f	% ^g
<i>l</i> -menthol	trigeminal cooling sensation; slight mint note	1175	n.a.	n.a.	-	-	0.6	3.1	-	-	-	-
terpinen-4-ol	sweet, earthyl, musty, slight pepery, pleasantly herbaceous, terpeny, spicy	1178	1597	340 ^h	-	-	-	-	320.9	0.2	175.5	0.2
3-cyclohexen-1-ol,4- methyl-1-(1-methylethyl)	-	1180	n.a.	n.a.	-	-	-	-	-	-	118.1	0.1
<i>p</i> -cymen-8-ol	-	1187	n.a.	n.a.	-	-	-	-	-	-	25.3	0.0
benzenemethanol,4-(1- methylethyl)	-	1187	1797	n.a.	-	-	-	-	-	-	15.0	0.0
4-isopropyl-2-cyclohexen- 1-one	-	1189	n.a.	n.a.	-	-	-	-	-	-	5.7	0.0
α -terpineol	sweet, flora, lime, peach- like, flower	1192	1694	330 ^k	-	-	-	-	414.8	0.3	78.1	0.1

ตารางที่ 7 (ต่อ)

สารระเหย	ลักษณะกลิ่น ^a	RI		threshold (ppb)	B ^b		S ^c		M ^d		C ^e	
		HP-5	FFAP		concn. ^f	% ^g	concn. ^f	% ^g	concn. ^f	% ^g	concn. ^f	% ^g
phellandral	-	1196	n.a.	n.a.	-	-	-	-	-	-	36.5	0.0
myrtenol	herbaceous slight woody odor	1198	n.a.	7 ^k	-	-	-	-	-	-	36.4	0.0
estragole	sweet, herbaceous, anise- fennel odor	1199	1674	n.a.	-	-	-	-	6.3	0.0	-	-
bicycle[3.1.1]hept-2-ene-2- carboxaldehyde,6,6- dimethyl-2-phenyl-1- butanol	-	1200	n.a.	n.a.	-	-	-	-	-	-	20.9	0.0
sabinyl acetate	-	1203	n.a.	n.a.	-	-	-	-	4.0	0.0	-	-
benzaldehyde,4-(1- methylethyl)	-	1246	1784	n.a.	-	-	-	-	-	-	8978.5	9.4

ตารางที่ 7 (ต่อ)

สารระเหย	ลักษณะกลิ่น ^a	RI		threshold (ppb)	B ^b		S ^c		M ^d		C ^e	
		HP-5	FFAP		concn. ^f	% ^g	concn. ^f	% ^g	concn. ^f	% ^g	concn. ^f	% ^g
piperitone	strong, fresh herbaceous, minty odor; harsh mint taste	1257	1723	n.a.	-	-	-	-	45.5	0.0	-	-
pentadecane	mide hydrocarbon odor	1279	n.a.	n.a.	-	-	0.4	2.2	-	-	-	-
safranal	powerful saffron aroma and taste; tobacco, camphoraceous	1286	1790	n.a.	-	-	-	-	-	-	240.6	0.3
(<i>E</i>)-anethole	sweet, herbaceous, anise (artificial licorice) odor & taste	1288	1832	n.a.	5.4	8.9	0.7	3.8	-	-	-	-
safrole	-	1289	n.a.	n.a.	0.4	0.6	0.7	3.9	12531.9	9.6	-	-
1-phenyl-1-butanol	-	1294	n.a.	n.a.	-	-	-	-	-	-	252.3	0.3
unichol	-	1295	n.a.	n.a.	-	-	-	-	-	-	8064.5	8.5
2-butanone, 4-(4-methoxy phenol)	sweet, floral, fruity	1305	n.a.	n.a.	-	-	-	-	100.9	0.1	-	-

ตารางที่ 7 (ต่อ)

สารระเหย	ลักษณะกลิ่น ^a	RI		threshold (ppb)	B ^b		S ^c		M ^d		C ^e	
		HP-5	FFAP		concn. ^f	% ^g	concn. ^f	% ^g	concn. ^f	% ^g	concn. ^f	% ^g
<i>p</i> -mentha-1,4-dien-7-ol	-	1329	n.a.	n.a.	-	-	-	-	-	-	6.5	0.0
eugenol	strong, spicy, dry, pungent, smoky, clove-like, honey-like	1358	2184	30 ^k	-	-	-	-	121.7	0.1	-	-
α -copaene	flora, woody	1379	1479	n.a.	0.7	1.1	-	-	-	-	-	-
methyl eugenol	musty, tea-like, mild-spicy, clove-like	1404	2017	820 ^k	-	-	-	-	519.5	0.4	-	-
β -cubebene	mild woody, balsemic	1409	1535	n.a.	-	-	-	-	-	-	-	-
(<i>E</i>)- β -caryophyllene	woody, spicy, dry, terpene, midway between cloves and turpentine	1426	n.a.	64 ^k	0.7	1.1	-	-	-	-	-	-
(<i>E,E</i>)- α -farnesene	citrus, herbaceous, green vegetative	1454	n.a.	n.a.	-	-	-	-	0.8	0.0	-	-

ตารางที่ 7 (ต่อ)

สารระเหย	ลักษณะกลิ่น ^a	RI		threshold (ppb)	B ^b		S ^c		M ^d		C ^e	
		HP-5	FFAP		concn. ^f	% ^g	concn. ^f	% ^g	concn. ^f	% ^g	concn. ^f	% ^g
(E)- β -farnesene	pleasant, very weakly flora	1457	1663	n.a.	-	-	-	-	-	-	25.0	0.0
germacrene D	woody, minty, hay, tea, tobacco note	1485	n.a.	n.a.	1.9	3.1	-	-	-	-	12.0	0.0
allo aroma dendrene	-	1488	1583	n.a.	-	-	-	-	-	-	13.5	0.0
α -cadinene	dry, woody, slight burnt, spice character	1523	n.a.	n.a.	-	-	-	-	1.7	0.0	-	-
elimicin	-	1552	2261	n.a.	-	-	-	-	81.1	0.1	-	-
cremicic	-	1560	n.a.	n.a.	-	-	-	-	-	-	-	-
Total					60.3	100	18.3	100	130877.2	100	95386.1	100

หมายเหตุ ^a จากฐานข้อมูล Flavor-Base'2004 ของ Leffingwell (2004)

^{b-c} ตัวอักษรย่อ B หมายถึง กระจายดำ S หมายถึง ชะเอมเทศ M หมายถึง ดอกจันทน์เทศ C หมายถึง เทียนขาว

^f ความเข้มข้นสัมพัทธ์ของสาร (ไมโครกรัม/กรัม) และ ^g หมายถึง ปริมาณของสารระเหยทั้งหมด

^h ค่า threshold ในน้ำ จาก Buttery *et al.* (1968) ⁱ Chung *et al.* (2001) ^j Frank *et al.* (2003)

^k ฐานข้อมูล Flavor-Base'2004 ของ Leffingwell (2004) ¹ Zierler *et al.* (2004) n.a. = not available

ตารางที่ 8 ความเข้มข้นของสารระเหย (ppm) ในเทียนข้าวเปลือก (F) ใบกระวาน (L) พริกไทย (P) และลูกกระวาน (A)

สารระเหย	ลักษณะกลิ่น ^a	RI		threshold (ppb)	F ^b		L ^c		P ^d		A ^e	
		HP-5	FFAP		concn. ^f	% ^g	concn. ^f	% ^g	concn. ^f	% ^g	concn. ^f	% ^g
α -thujene	spicy, terpinic, citrusy	924	1022	n.a.	-	-	10.5	0.1	16.0	0.1	112.7	0.3
α -pinene	resinous, pine, terpeny, nutty, dry, flower	931	1018	6 ¹	1606.9	4.8	85.3	1.2	973.0	7.9	3847.4	11
α -fenchene	-	943	n.a.	n.a.	-	-	-	-	-	-	12.6	0.0
camphene	oily, camphoraceous, insipid odor	945	1058	n.a.	178.3	0.5	5.2	0.1	13.2	0.1	140.3	0.4
sabinene	woody, terpene, citrus, pine with spice nuance	971	1116	75 ^h	229.8	0.7	309.2	4.2	105.2	0.9	9.3	0.0
β -pinene	dry, woody, resinous-piney, sweet drops, dirty	973	n.a.	140 ¹	105.0	0.3	58.2	3.8	1434.9	11.7	16819.1	48
δ -3-carene	sweet and pungent	977	1119	n.a.	-	-	0.9	0.0	1977.1	16.1	137.3	0.4
β -myrcene	resinous terpene, metallic, flower	989	1161	13 ¹	352.3	1.0	26.5	0.4	313.8	2.6	315.7	0.9
<i>l</i> -phellandrene	fresh, spicy, peppery, woody-minty	1002	1157	n.a.	56.5	0.2	0.7	0.0	531.4	4.3	227.8	0.7

ตารางที่ 8 (ต่อ)

สารระเหย	ลักษณะกลิ่น ^a	RI		threshold (ppb)	F ^b		L ^c		P ^d		A ^e	
		HP-5	FFAP		concn. ^f	% ^g	concn. ^f	% ^g	concn. ^f	% ^g	concn. ^f	% ^g
α -terpinene	refreshing, lemony-citrusy terpene, peasant odor of lemons	1014	1171	n.a.	-	-	0.9	0.0	3.3	0.0	44.5	0.1
benzene,1-ethyl-2,3- dimethyl	-	1021	n.a.	n.a.	-	-	3.8	0.1	-	-	-	-
<i>l</i> -limonene	fresh, sweet, hydrocarbon and citrus, pleasant lemon -like, orange, flower	1023	1190	10 ¹	6875.9	20.4	-	-	2270.4	18.5	2473.9	7.1
<i>p</i> -cymene	strong, characteristic, terpene, oxidized lemon note, fuel-like	1026	n.a.	n.a.	114.2	0.3	3.9	0.1	18.4	0.2	2261.0	6.5
1,8-cineole	strong, camphoraceous, cool, fresh, spicy, mint- like	1032	1198	12 ¹	69.8	0.2	1115.0	15.3	2.5	0.0	4423.6	12
β -phellandrene	terpeny	1037	1196	36 ¹	-	-	43.1	0.6	-	-	-	-

ตารางที่ 8 (ต่อ)

สารระเหย	ลักษณะกลิ่น ^a	RI		threshold (ppb)	F ^b		L ^c		P ^d		A ^e	
		HP-5	FFAP		concn. ^g	% ^h	concn. ^g	% ^h	concn. ^g	% ^h	concn. ^g	% ^h
(<i>E</i>)- β -ocimene	sweet, herbaceous terpene	1047	1247	n.a.	212.9	0.6	-	-	5.4	0.0	2.7	0.0
α -phellandrene	fresh, spicy, citrus, peppery woody-minty, dill-like terpeny	1058	n.a.	200 ¹	-	-	-	-	2.0	0.0	-	-
γ -terpinene	refreshing herbaceous- citrus like terpene	1060	1238	n.a.	67.3	0.2	-	-	5.1	0.1	58.7	0.2
(<i>E</i>)-sabinene hydrate	sweet,reminiscent of terpineol	1067	1460	n.a.	-	-	207.8	2.8	-	-	-	-
linalool oxide	strong, sweet, woody, with a slight floral-minty odor	1073	1438	n.a.	-	-	4.8	0.1	-	-	-	-
α -terpinolene	sweet, piney, slight anisic, citrus	1088	1271	200 ¹	-	-	-	-	205.2	1.7	201.3	0.6
fenchone	camphoraceous, strong, diffusive, sweet odor	1088	1202	n.a.	6275.5	18.6	-	-	-	-	-	-
<i>l</i> -linalool	floral-woody with faint citrus note, flora	1100	1547	6 ¹	-	-	4550.6	62.3	25.5	0.2	55.3	0.2
camphenilone	-	1107	n.a.	n.a.	-	-	-	-	-	-	21.8	0.1

ตารางที่ 8 (ต่อ)

สารระเหย	ลักษณะกลิ่น ^a	RI		threshold (ppb)	F ^b		L ^c		P ^d		A ^e	
		HP-5	FFAP		concn. ^f	% ^g	concn. ^f	% ^g	concn. ^f	% ^g	concn. ^f	% ^g
α -campholene aldehyde	-	1127	n.a.	n.a.	-	-	-	-	-	-	15.1	0.0
(1R,2S,4R)-1,2-epoxy- <i>p</i> - menth-8-ene	-	1133	1441	n.a.	14.3	0.0	-	-	-	-	-	-
(+)-nopinone	-	1140	1573	n.a.	-	-	-	-	-	-	528.0	1.5
pinocarveol	sweet, pine-camphoraceous with slight minty odor	1141	1650	n.a.	-	-	-	-	-	-	1484.2	4.2
camphor	harsh, minty-cooling characteristic camphor odor	1147	n.a.	n.a.	57.6	0.2	106.3	1.5	-	-	65.0	0.2
pinocarvone	nut like odor	1165	1621	n.a.	-	-	-	-	-	-	353.8	1.0
<i>endo</i> -borneol	sharp, camphoraceous, woody, peppery reminiscent of mint	1168	1696	140,000 ^l	-	-	-	-	-	-	10.9	0.0

ตารางที่ 8 (ต่อ)

สารระเหย	ลักษณะกลิ่น ^a	RI		threshold (ppb)	F ^b		L ^c		P ^d		A ^e	
		HP-5	FFAP		concn. ^f	% ^g	concn. ^f	% ^g	concn. ^f	% ^g	concn. ^f	% ^g
terpinen-4-ol	sweet, earthy, musty, slight pepery, pleasantly herbaceous, terpeny, spicy	1178	1597	340 ^h	-	-	31.9	0.4	0.9	0.0	19.9	0.1
<i>p</i> -cymen-8-ol	-	1187	n.a.	n.a.	-	-	-	-	-	-	14.8	0.0
α -terpineol	sweet, flora, lime, peach- like, flower	1192	1694	330 ¹	-	-	307.7	4.2	2.0	0.0	47.4	0.1
myrtenol	herbaceous slight woody odor	1198	n.a.	n.a.	-	-	-	-	-	-	880.6	0.5
estragole	sweet, herbaceous, anise- fennel odor	1199	1674	n.a.	2606.6	7.7	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 8 (ต่อ)

สารระเหย	ลักษณะกลิ่น ^a	RI		threshold (ppb)	F ^b		L ^c		P ^d		A ^e	
		HP-5	FFAP		concn. ^f	% ^g	concn. ^f	% ^g	concn. ^f	% ^g	concn. ^f	% ^g
Verbenone	Warm resinous odor with herbal celery notes	1213	1703	n.a.	-	-	-	-	-	-	40.0	0.1
3-hexen-2-one	-	1225	1784	n.a.	-	-	4.2	0.1	-	-	-	-
bicycle[2.2.1]heptane, 7- methylene-2-(1- methylethylidene	-	1243	n.a.	n.a.	-	-	-	-	-	-	12.7	0.0
anisaldehyde	floral, hay-like odor; sweet anise-vanilla-fruity herbaceous	1254	n.a.	50-200 ⁱ	1044.3	3.1	-	-	-	-	-	-
pentadecane	mild hydrocarbon odor	1279	n.a.	n.a.	-	-	12.4	0.2	-	-	-	-

ตารางที่ 8 (ต่อ)

สารระเหย	ลักษณะกลิ่น ^a	RI		threshold (ppb)	F ^b		L ^c		P ^d		A ^e	
		HP-5	FFAP		concn. ^f	% ^g	concn. ^f	% ^g	concn. ^f	% ^g	concn. ^f	% ^g
(<i>E</i>)-anethole	sweet, herbaceous, anise (artificial licorice) odor & taste	1288	1832	n.a.	13680.6	40.5	-	-	-	-	240.3	0.7
safrole	-	1289	n.a.	n.a.	-	-	45.2	0.6	-	-	-	-
(<i>E</i>)-(+)-carveol	caraway-like, sweet spearmint-like	1314	n.a.	n.a.	-	-	-	-	-	-	4.3	0.0
δ-elemene	mild woody, balsamic spicy	1338	1636	n.a.	-	-	-	-	28.1	0.2	-	-
α-copaene	flora, woody	1379	1479	n.a.	-	-	5.8	0.1	346.6	2.8	-	-
α-ylangene	-	1391	1481	n.a.	-	-	-	-	8.7	0.1	-	-
β-elemene	-	1405	1763	n.a.	-	-	2.6	0.0	-	-	-	-
β-cubebene	mild woody, balsamic	1409	1535	n.a.	-	-	-	-	32.6	0.3	-	-

ตารางที่ 8 (ต่อ)

สารระเหย	ลักษณะกลิ่น ^a	RI		threshold (ppb)	F ^b		L ^c		P ^d		A ^e	
		HP-5	FFAP		concn. ^f	% ^g	concn. ^f	% ^g	concn. ^f	% ^g	concn. ^f	% ^g
caralene	-	1413	1695	n.a.	-	-	6.3	0.1	6.0	0.0	-	-
(E)- β -caryophyllene	woody, spicy, dry, terpene, midway between cloves and turpentine	1426	n.a.	64 ¹	-	-	117.8	0.6	3543.2	28.9	-	-
isoterpineol	-	1438	1071	n.a.	-	-	-	-	3.1	0.0	-	-
terpinolene	-	1447	n.a.	n.a.	-	-	-	-	11.1	0.1	-	-
α -humulene	woody	1456	1660	n.a.	-	-	41.0	0.6	183.7	1.5	-	-
2-propanoic acid,3-phenyl- ,ethyl ester	-	1470	2148	n.a.	-	-	3.8	0.1	-	-	-	-
germacrene D	woody, minty, hay, tea, tobacco note	1485	n.a.	n.a.	-	-	8.0	0.1	-	-	-	-
α -muurolene	mild woody, balsamic	1486	1692	n.a.	-	-	0.8	0.0	19.7	0.2	-	-
allo aroma dendrene	-	1488	1583	n.a.	-	-	-	-	23.2	0.2	13.9	0.0
germacrene B	-	1492	n.a.	n.a.	-	-	-	-	18.9	0.2	-	-

ตารางที่ 8 (ต่อ)

สารระเหย	ลักษณะกลิ่น ^a	RI		threshold (ppb)	F ^b		L ^c		P ^d		A ^e	
		HP-5	FFAP		concn. ^f	% ^g	concn. ^f	% ^g	concn. ^f	% ^g	concn. ^f	% ^g
2-cyclopentene,1- hydroxymethyl-1,2,3- trimethyl	-	1494	1812	n.a.	-	-	36.0	0.5	-	-	-	-
β-selinene	woody	1510	1708	n.a.	-	-	29.0	0.4	-	-	-	-
elemol	sweet woody odor with floral undertone	1513	n.a.	n.a.	-	-	-	-	9.5	0.1	-	-
α-selinene	-	1520	1713	n.a.	-	-	15.8	0.2	-	-	-	-
α-cadinene	dry, woody, slight burnt, spice character	1523	n.a.	n.a.	-	-	11.7	0.2	-	-	-	-
δ-cadinene	dry, woody, slight burnt, spice character	1527	1749	n.a.	-	-	12.2	0.2	78.4	0.6	-	-
nerolidol	faint, woody-flora, slight green	1572	2042	100,000 ^j	-	-	36.2	0.5	-	-	-	-
caryophyllene oxide	dry, woody, faint cedar, tobacco like	1583	1974	n.a.	-	-	26.5	0.4	-	-	-	-

ตารางที่ 8 (ต่อ)

สารระเหย	ลักษณะกลิ่น ^a	RI		threshold (ppb)	F ^b		L ^c		P ^d		A ^e	
		HP-5	FFAP		concn. ^f	% ^g	concn. ^f	% ^g	concn. ^f	% ^g	concn. ^f	% ^g
gentianene	-	1597	n.a.		2.9	0.0	-	-	-	-	-	-
humulene oxide	-	1604	2029	n.a.	-	-	5.0	0.1	-	-	-	-
bicyclo[3.1.0]hexa-2-one,5-(1-methylethyl-)	-	n.a.	1631	n.a.	-	-	-	-	-	-	61.7	0.2
anisyl acetone	-	n.a.	2174	n.a.	209.1	0.6	-	-	-	-	-	-
ethyl <i>p</i> -methoxycinnamate	-	n.a.	>2700	n.a.	-	-	0.5	0.0	-	-	-	-
Total					33761.0	100	7298.7	100	12242.6	100	34957.9	100

หมายเหตุ ^a จากฐานข้อมูล Flavor-Base'2004 ของ Leffingwell (2004)

^{b-c} ตัวอักษรย่อ F หมายถึง เทียนข้าวเปลือก L หมายถึง ใบกระวาน P หมายถึง พริกไทย A หมายถึง ลูกกระวาน

^f ความเข้มข้นสัมพัทธ์ของสาร (ไมโครกรัม/กรัม) และ ^g หมายถึง ปริมาณของสารระเหยทั้งหมด

^h ค่า threshold ในน้ำ จาก Buttery *et al.* (1968) ⁱ Chung *et al.* (2001) ^j Zea *et al.* (2001) ^k Frank *et al.* (2003)

^l ฐานข้อมูล Flavor-Base'2004 ของ Leffingwell (2004) ^m Zierler *et al.* (2004) n.a. = not available

2. สารระเหยในไวน์ข้าว

การทดลองเบื้องต้นศึกษาเลือกวิธีการสกัดสารให้กลิ่นจากไวน์ข้าวที่เหมาะสม โดยเปรียบเทียบวิธี liquid-liquid extraction และ solvent extraction เทียบกับวิธี Solid-Phase Micro Extraction (SPME) ผลการทดลองแสดงว่า SPME สามารถสกัดสารระเหยออกมาได้มากชนิดกว่าวิธีทั้ง 2 วิธี (ตามภาพผนวก ก2 - ก4) จึงเลือกใช้วิธีนี้ในการสกัดสารระเหยจากตัวอย่างไวน์ข้าว

โดยในการสกัดเลือกวิธีสูมตัวอย่างแบบ headspace แทนการจุ่ม เนื่องจากเป็นวิธีที่ชะลอการเสื่อมสภาพของไฟเบอร์ และสารระเหยส่วนใหญ่ในไวน์สามารถสกัดออกมาได้ด้วยวิธี headspace (Boyce and Spickett, 2002) โดยอาศัยการเติมเกลือในตัวอย่งไวน์ เพื่อเพิ่มปริมาณสารระเหยใน headspace จากปฏิกิริยา salting out effect (Boyce and Spickett, 2002) แล้วศึกษาอุณหภูมิการดูดซับ 2 ระดับที่ 25 °C และ 37 °C แปรเวลาในการสกัดเป็น 30, 60 และ 90 นาที และเลือกไฟเบอร์ 3 ชนิด ได้แก่ Stableflex polydimethylsiloxane/ divinylbenzene (PDMS/DVB) ขนาด 65 µm, Stableflex divinylbenzene/ carboxen/ PDMS (DVB/CAR/PDMS) 50/30 µm และ PDMS ขนาด 100 µm ที่เหมาะสมในการสกัดตัวอย่างไวน์ข้าว ซึ่งพิจารณาปริมาณ แอลกอฮอล์ เอสเทอร์ และสารระเหยอื่นๆที่สกัดได้ ได้ผลดังตารางผนวกที่ ก3 - ก5

จากผลของอุณหภูมิจะเห็นว่าการใช้อุณหภูมิ 37 °C ไฟเบอร์ Stableflex polydimethylsiloxane/ divinylbenzene (PDMS/DVB) ขนาด 65 µm และเวลาในการดูดซับ 30 นาทีจะดูดซับสารระเหยเป็นปริมาณที่มากกว่าการใช้อุณหภูมิ 25 °C และมีชนิดของสารระเหยที่ได้เหมือนกัน จึงเลือกการสกัดที่อุณหภูมิ 37 °C การที่เลือกอุณหภูมิ 37 °C เป็นอุณหภูมิสูงสุดเนื่องจากเป็นอุณหภูมิร่างกาย สำหรับเวลาในการสกัดจะเห็นว่าเมื่อใช้เวลานานขึ้นก็จะสกัดสารระเหยได้มากขึ้น แต่เนื่องจากว่าที่เวลา 60 และ 90 นาทีปริมาณและชนิดของสารระเหยไม่ต่างกันมาก รวมถึงเวลาในการฉีดตัวอย่างประมาณ 40 นาที จึงเลือกสกัดที่เวลา 60 นาที และสำหรับชนิดไฟเบอร์ที่เลือกใช้ในการทดลองนี้ คือ Stableflex polydimethylsiloxane/ divinylbenzene (PDMS/DVB) ขนาด 65 µm

2.1 สารระเหยในไวน์ข้าว

สารระเหยในไวน์ข้าว มีทั้งหมด 41 ชนิด (ตารางที่ 9) ซึ่งสารระเหยที่มีปริมาณมากที่สุด คือ isoamyl alcohol (ให้กลิ่นแอลกอฮอล์ ไวน์-บรันดี) คิดเป็น 46.9% ของปริมาณสารทั้งหมด รองลงมาคือ ethanol (ให้กลิ่นหวาน แอลกอฮอล์) และ benzeneethanol (ให้กลิ่นดอกไม้ ดอกกุหลาบ) คิดเป็น 21.2 และ 19.1 % ตามลำดับ

สารระเหยที่มีค่า Odor Activity Value (OAV) สูงที่สุดคือ isoamyl alcohol (OAV = 228-1,366) นั่นคือมีส่วนส่วนของปริมาณสารต่อค่า threshold สูง จึงเป็นสารระเหยสำคัญที่ให้กลิ่น และมีผลต่อกลิ่นโดยรวม (Abbott *et al.*, 1993) รองลงมาคือ benzeneethanol (OAV = 127-186) (ให้กลิ่นดอกไม้ ดอกกุหลาบ) isoamyl acetate (OAV = 100) (ให้กลิ่นหอมหวาน ผลไม้ กล้วย แพร์) decanal (OAV = 40-800) (ให้กลิ่นแรง แหลม หอมหวาน เปลือกส้ม) และ ethyl caprate (OAV = 38-535) (ให้กลิ่นหอมหวาน ไขมัน ถั่ว ไวน์-คอนยัค) ทำให้ลักษณะกลิ่นของโดยรวมของไวน์ข้าว คือ แอลกอฮอล์ ไวน์-บรันดี ดอกไม้ ผลไม้ เปลือกส้ม และ ไขมัน (ตารางที่ 9)

จากการที่ไวน์ข้าวที่ได้จากการทดลองมี isoamyl acetate ที่มีค่า OAV สูง ซึ่งเมื่อเทียบกับงานวิจัยสารระเหยในสาเก โดยงานวิจัยส่วนใหญ่จะให้ความสำคัญต่อสารระเหย isoamyl acetate (ให้กลิ่นหวานและกลิ่น ผลไม้) เนื่องจากเป็นสารระเหยให้กลิ่นที่ดีแก่ไวน์ข้าว isoamyl acetate เกิดจากกระบวนการหมักของยีสต์ด้วยเอนไซม์ alcohol acetyl transferase ทำให้ในงานวิจัยศึกษาหาสภาวะในการหมัก เพื่อให้ได้ปริมาณ isoamyl acetate ที่เพิ่มขึ้น (Inoue *et al.*, 1994; Arikawa *et al.*, 2000; Mukai *et al.*, 2001; Hirooka *et al.*, 2005)

ส่วนสารระเหยชนิดอื่นที่มีค่า OAV มากกว่า 1 ได้แก่ acetaldehyde (OAV = 3-34), acetaldehyde diethyl acetal (OAV = 3-20), isobutyl alcohol (OAV = 1-39), 2-ethyl, 1-hexanol (OAV = 0-1), 1-octanol (OAV = 2-17), ethyl caprylate (OAV = 0-1), octyl acetate (OAV = 8), 1-decanol (OAV = 3-4), dihydro-5-pentyl-2(3H)-furanone (OAV = 2-23), (*E*)- β -caryophyllene (OAV = 1-2), ethyl laurate (OAV = 2), ethyl tetradecanoate (OAV = 1), ethyl hexadecanoate (OAV = 10) และ

ตารางที่ 9 ความเข้มข้นของสารให้กลิ่น (ppm) และค่า Odor Activity Value (OAV) ในไวน์ข้าว

ที่ ^a	สารระเหย	ลักษณะกลิ่น ^b	RI		threshold (ppb in water)	ความเข้มข้น		OAV ^h
			HP-5	FFAP		ppm ^c	%	
1	acetaldehyde	ethereal, green, alcoholic, cognac, somewhat vegetable	<800	604	15-100 ^{d,g}	0.3	0.0	3-20
2	ethanol	sweet, ethereal(alcoholic) odor	<800	832	100,000 ^g	154.3	21.2	2
3	isobutyl alcohol	breathtaking, sweet, sweaty- chemical; whiskey-like in dilution	<800	992	360-22,500 ^d	13.9	1.9	1-39
4	isoamyl alcohol	breathtaking, alcoholic odor	<800	1157	250-1,005 ^{d,g}	341.4	46.9	228-1,366
5	2,3-butanediol	slightly bitter	805	1554	>50,000 ^c	1.0	0.1	0
6	1-hexanol	chemical, winey, slight fatty-fruity odor	869	1257	2,500 ^g	1.2	0.2	0
7	isoamyl acetate	sweet, fruity, banana, pear odor and taste	875	1051	2 ^g	0.2	0.0	100
8	benzaldehyde	odor of bitter almond oil; characteristic sweet cherry taste	929	1507	350 ^g	0.6	0.1	0
9	hexanoic acid	heavy, fatty, cheesy odor	932	n.a.	3000 ^g	0.7	0.1	0
10	methionol	strong, meaty, mushroom, soup-like odor in dilution	934	1686	1,500,000 ^d	0.8	0.1	0

ตารางที่ 9 (ต่อ)

ที่ ^a	สารระเหย	ลักษณะกลิ่น ^b	RI		threshold (ppb in water)	ความเข้มข้น		OAV ^h
			HP-5	FFAP		ppm ^c	%	
13	2-ethyl,1-hexanol	sweet, oily, weak rose odor	958	1364	830-270,000 ^{d,g}	0.5	0.1	0-1
17	benzenemethanol	faint, sweet, fruity aroma	962	1864	10,000 ^g	0.1	0.0	0
19	ethyl 4-hydroxy butanoate	-	972	1528	n.a.	1.0	0.1	n.a.
21	1-octanol	orange-rose, waxy, sweet odor	980	1529	110-1,000 ^{d,f}	1.9	0.3	2-17
24	benzeneethanol	floral, rose-like odor	1028	1901	750-1,100 ^{d,g}	139.3	19.1	127-186
29	caprylic acid	fatty, rancid, sweaty odor	1121	2028	3,000 ^{d,g}	0.9	0.1	0
31	butanedioic acid, diethyl ester	-	1139	1659	n.a.	1.2	0.2	n.a.
35	ethyl caprylate	fruity, winey, sweet odor	1171	1314	200-870 ^d	0.1	0.0	0-1
40	decanal	strong, penetrating, sweet, orange peel odor	1187	n.a.	0.1-2 ^g	0.1	0.0	40-800
43	octyl acetate	green, waxy, fruity-floral citrus odor	1198	1349	12 ^g	0.1	0.0	8
48	citronellol	rose-like odor	1216	1744	40-50 ^g	0.1	0.0	2-3
52	2-phenyl acetate	-	1251	1799	n.a.	18.2	2.5	n.a.
54	1-decanol	sweet, fatty, oily, waxy, floral notes	1262	1728	47-66 ^d	0.2	0.0	3-4

ตารางที่ 9 (ต่อ)

ที่ ^a	สารระเหย	ลักษณะกลิ่น ^b	RI		threshold (ppb in water)	ความเข้มข้น		OAV ^h
			HP-5	FFAP		ppm ^c	%	
63	ethyl 3-hydroxyoctanoate	oily, slight green-winey odor, fruity	1320	n.a.	10,000 ^g	0.3	0.0	0
67	capric acid	fatty-waxy, cheesy dairy odor	1354	2149	1,000-10,000 ^{d,g}	0.2	0.0	0
68	dihydro-5- pentyl-2(3H)- furanone	-	1358	1618	8.6-122 ^{d,f}	0.2	0.0	2-23
71	ethyl caprate	sweet, fatty, nut-like, winey-cognac odor	1385	1614	8.6-122 ^d	4.6	0.6	38-535
76	(<i>E</i>)- β -caryophyllene	woody, spicy, dry, terpene, midway between cloves and terpentine	1422	1567	64-160 ^{d,g}	0.1	0.0	1-2
77	ethyl 2-hydroxy-3- phenylpropanoate	-	1436	n.a.	3,500 ^g	0.6	0.1	0
83	δ -cadinene	dry, woody, slight burnt, spice character	1522	1717	n.a.	0.1	0.0	n.a.
87	ethyl laurate	oily, fatty, floral	1584	1821	3500 ^g	6.7	0.9	2
88	2-methylbutyl decanoate	oily, sweet, brandy, whiskey, cognac, slight fruit	1635	n.a.	n.a.	0.2	0.0	n.a.
89	2-ethyl-1-methyl-1H- imidazole	-	1670	2158	n.a.	1.0	0.1	n.a.

ตารางที่ 9 (ต่อ)

ที่ ^a	สารระเหย	ลักษณะกลิ่น ^b	RI		threshold (ppb in water)	ความเข้มข้น		OAV ^h
			HP-5	FFAP		ppm ^c	%	
90	β -eudesmol	-	1671	2133	n.a.	0.9	0.1	n.a.
91	ethyl tetradecanoate	-	1789	2018	5000 ^d	2.6	0.4	1
92	ethyl 9-hexadecanoate	-	1954	2152	n.a.	1.3	0.2	n.a.
93	ethyl hexadecanoate	-	1971	2137	>2000 ^g	20.2	2.8	10
94	ethyl linoleate	oily fatty	2152	n.a.	22,000 ^g	3.3	0.5	0
95	methyl-9-octadecenoate(Z),	-	2159	n.a.	n.a.	3.2	0.4	n.a.
96	acetal	fruity, choking alcoholic-like, green odor	n.a.	809	40-100 ^d	2.3	0.3	20-50
97	acetic acid	strong, pungent, sour, vinegar odor	n.a.	1330	22,000 ^g	2.2	0.3	0

หมายเหตุ ^a ลำดับที่ของสารเทียบกับ chromatogram ในภาพผนวกที่ ก5 - ก6

^b จากฐานข้อมูล Flavor-Base'2004 ของ Leffingwell (2004)

^c ความเข้มข้นสัมพัทธ์ของสารระเหย (ไมโครกรัม/มิลลิลิตรของตัวอย่างไวน์)

^d ค่า threshold ในน้ำ จาก Etievant (1991) ^e Buttery *et al.* (1999) ^f Chung *et al.* (2001) ^g ฐานข้อมูล Flavor-Base'2004 ของ Leffingwell (2004)

^h ค่า Odor Activity Value คำนวณได้จากความเข้มข้นของสารหารด้วยค่า threshold ของสารนั้น

n.a. = not available

citronellol (OAV = 2-3)

จากตารางที่ 10 และ 11 เมื่อใส่สมุนไพร และเครื่องเทศทั้ง 8 ชนิด พบว่าไม่ทำให้สารระเหยในไวน์ข้าวมีปริมาณต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าการใส่เครื่องเทศและสมุนไพรไม่มีผลในการสร้างสารระเหยทั้ง 41 ชนิดในกระบวนการหมัก (*E*)- β -caryophyllene เป็นสารที่พบในกระชายดำ ใบกระวาน และ พริกไทย โดยเฉพาะในพริกไทยพบในปริมาณสูงถึง 28.9 % ของสารระเหยทั้งหมด จึงทำให้ไวน์ข้าวที่มีการใส่พริกไทยมีปริมาณ (*E*)- β -caryophyllene สูงที่สุดในตัวอย่างไวน์ข้าวที่ใส่สมุนไพร และเครื่องเทศ ส่วนสารระเหย δ -cadinene พบใน ดอกจันทน์เทศ ใบกระวาน และ พริกไทย พบในไวน์ข้าวที่ใส่ดอกจันทน์เทศมากที่สุด

เช่นเดียวกับในงานวิจัยของ Dung *et al.* (2005) ศึกษาผลของสมุนไพร 10 ชนิดต่อการทำงานของเชื้อ *Saccharomyces cerevisiae* และ *Amylomyces rouxii* โดยรวมถึงลูกจันทน์ กระวาน และ ชะเอมเทศ พบว่าเครื่องเทศเหล่านี้ไม่มีผลต่อการทำงานของเชื้อจุลินทรีย์แต่ละชนิด และทั้ง 2 เชื้อร่วมกัน

ในไวน์ข้าวที่ใส่เทียนขาวตรวจไม่พบ 2-ethyl-1-hexanol และ 1-decanol เนื่องจากมีสารระเหยจากเทียนขาว บดบังฟีกที่มีขนาดเล็ก

2.2 สารระเหยในไวน์ข้าว เมื่อใส่กระชายดำ ชะเอมเทศ ดอกจันทน์เทศ เทียนขาว เทียนข้าวเปลือก ใบกระวาน พริกไทย และลูกกระวาน

สารระเหยในไวน์ข้าวจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นจากการที่เติมสมุนไพรและเครื่องเทศที่ใส่ลงไป (ตารางที่ 10-11)

ไวน์ข้าวที่ใส่กระชายดำจะมี *l*-linalool (OAV = 17) ซึ่งมีลักษณะกลิ่นดอกไม้ ไม้ มะนาว เพิ่มขึ้นมาจากสารระเหยที่มีอยู่ในตัวอย่างไวน์ข้าวควบคุมจึงทำให้ลักษณะกลิ่นของไวน์ข้าวที่ใส่กระชายดำต่างจากตัวอย่างไวน์ข้าวควบคุม โดย *l*-linalool เป็นสารระเหยที่มีมากที่สุดในกระชายดำสด

ตารางที่ 10 ความเข้มข้นของสารระเหย (ppm) ในไวน์ขาวที่ได้จากชาวดำ (BW) ชะเอมเทศ (SW) ดอกจันทน์เทศ (MW) และเทียนขาว (CW)

ที่ ^a	สารระเหย	ลักษณะกลิ่น ^b	RI		ความเข้มข้นสัมพัทธ์ ^c (ppm)				threshold (ppb in water)	OAV ^h			
			HP-5	FFAP	BW ^d	SW ^e	MW ^f	CW ^g		BW ^d	SW ^e	MW ^f	CW ^g
1	acetaldehyde	ethereal, green, alcoholic, cognac, somewhat vegetable	<800	604	0.1	0.3	0.2	0.4	15-100 ^{j,n}	1-7	3-20	2-13	4-27
2	ethanol	sweet, ethereal(alcoholic) odor	<800	832	74.9	77.1	124.2	109.6	100,000 ⁿ	1	1	1	1
3	isobutyl alcohol	breathtaking, sweet, sweaty-chemical; whiskey-like in dilution	<800	992	9.9	11.2	11.1	13.0	360-22,500 ^j	0-28	0-31	0-31	1-36
4	isoamyl alcohol	breathtaking, alcoholic odor	<800	1157	247.7	281.2	302.4	256.3	250-1,005 ^{j,n}	165-991	19-112	202-1210	171-1025
5	2,3-butanediol	slightly bitter	805	1554	0.5	1.1	0.7	0.8	>50,000 ^k	0	0	0	0
6	1-hexanol	chemical, winey, slight fatty-fruity odor	869	1257	1.4	1.4	1.5	1.4	2,500 ⁿ	0	1	1	1
7	isoamyl acetate	sweet, fruity, banana, pear odor	875	1051	0.2	0.2	0.2	0.2	2 ⁿ	100	100	100	100
8	benzaldehyde	odor of bitter almond oil; characteristic sweet cherry taste	929	1507	0.4	0.7	0.2	0.2	350 ⁿ	0	2	1	1

ตารางที่ 10 (ต่อ)

ที่ ^a	สารระเหย	ลักษณะกลิ่น ^b	RI		ความเข้มข้นสัมพัทธ์ ^c (ppm)				threshold (ppb in water)	OAV ^h			
			HP-5	FFAP	BW ^d	SW ^e	MW ^f	CW ^g		BW ^d	SW ^e	MW ^f	CW ^g
9	hexanoic acid	heavy, fatty, cheesy odor	932	n.a.	0.4	0.5	0.5	0.3	3000 ⁿ	0	0	0	0
10	methionol	strong, meaty, mushroom, soup-like odor in dilution	934	1646	0.4	0.4	0.5	0.7	1,500,000 ^j	3	3	3	3
11	β -pinene	dry, woody, resinous-piney, sweet drops, dirty	936	n.a.	-	-	0.7	-	140.0 ⁿ	-	-	5	-
13	2-ethyl,1-hexanol	sweet, oily, weak rose odor	958	1364	0.1	0.1	0.0	-	830-270,000 ^{i,n}	0	0	0	0
14	<i>p</i> -cymene	strong, characteristic, terpene odor; oxidized lemon notes	959	1208	-	-	0.3	4.3	13 ^m	-	-	8	108
15	<i>l</i> -limonene	fresh, sweet, hydrocarbon and citrus odor	961	1150	-	-	0.8	-	10 ⁿ	-	-	80	-
16	β -phellandrene	terpenine	962	n.a.	-	-	0.5	-	3.6 ⁿ	-	-	14	-
17	benzenemethanol	faint, sweet, fruity aroma	962	1864	0.0	0.1	0.0	0.1	10,000 ⁿ	0	0	0	0
18	1,8-cineole	strong, camphoraceous, cool, fresh, spicy, mint-like	963	1251	-	-	0.4	0.1	12 ⁿ	-	-	33	8

ตารางที่ 10 (ต่อ)

ที่ ^a	สารระเหย	ลักษณะกลิ่น ^b	RI		ความเข้มข้นสัมพัทธ์ ^c (ppm)				threshold (ppb in water)	OAV ^h			
			HP-5	FFAP	BW ^d	SW ^e	MW ^f	CW ^g		BW ^d	SW ^e	MW ^f	CW ^g
19	ethyl 4-hydroxy butanoate	-	972	1528	0.4	0.7	0.4	0.7	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
20	γ -terpinene	refreshing herbaceous-citrus like terpene odor	976	1183	-	-	0.5	2.6	n.a.	-	-	n.a.	n.a.
21	1-octanol	orange-rose, waxy, sweet odor	980	1529	1.9	2.2	3.1	2.0	110-1,000 ^{i,l}	2-17	2-20	3-28	2-18
23	<i>l</i> -linalool	floral-woody odor with faint citrus note	996	1153	0.1	-	0.7	0.1	6 ⁿ	17	-	117	17
24	benzeneethanol	floral, rose-like odor	1028	1901	69.6	90.6	94.4	83.7	750-1,100 ^{j,n}	64-93	82-121	86-126	76-112
25	1-terpineol	dry, woody, piney, somewhat musty odor	1072	1603	-	-	0.4	-	n.a.	-	-	n.a.	-
26	pinocaveol	sweet, pine-camphoraceous with slight minty odor	1074	1630	-	-	-	0.4	n.a.	-	-	-	n.a.
27	exo-methyl- canphenilol	-	1089	1570	-	-	-	0.5	n.a.	-	-	-	n.a.

ตารางที่ 10 (ต่อ)

ที่ ^a	สารระเหย	ลักษณะกลิ่น ^b	RI		ความเข้มข้นสัมพัทธ์ ^c (ppm)				threshold (ppb in water)	OAV ^h			
			HP-5	FFAP	BW ^d	SW ^e	MW ^f	CW ^g		BW ^d	SW ^e	MW ^f	CW ^g
29	caprylic acid	fatty, rancid, sweaty odor	1121	2028	0.3	0.9	0.5	1.2	3,000 ^{j,n}	0	0	0	0
30	endo-borneol	sharp, camphoraceous, woody, peppery reminiscent of mint	1126	n.a.	-	-	-	0.5	n.a.	-	-	-	n.a.
31	butanedioic acid, diethyl ester	-	1139	1659	0.6	0.8	0.7	0.8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
32	terpinen-4-ol	sweet,early,musty,slight peppery,pleasantly herbaceous, terpeny,spicy	1147	1581	-	-	61.3	3.1	340 ⁱ	-	-	180	9
33	p-cymen-8-ol	nut like odor; walnut taste	1157	1832	-	-	-	0.5	n.a.	-	-	-	n.a.
34	α-terpineol	sweet, floral (lilac), lime odor, very sweet taste in dilution	1169	1675	-	-	1.9	4.7	350 ⁿ	-	-	5	13
35	ethyl caprylate	fruity, winey, sweet odor	1171	1314	0.2	0.2	0.8	0.8	200-870 ^j	0-1	0-1	1-4	1-4
37	pulegone	herbaceous, minty, resinous odor	1177	n.a.	-	-	-	0.2	n.a.	-	-	-	n.a.
39	myrtenol	herbaceous, slight woody odor	1183	1865	-	-	-	0.4	7 ⁿ	-	-	-	57

ตารางที่ 10 (ต่อ)

ที่ ^a	สารระเหย	ลักษณะกลิ่น ^b	RI		ความเข้มข้นสัมพัทธ์ ^c (ppm)				threshold (ppb in water)	OAV ^h			
			HP-5	FFAP	BW ^d	SW ^e	MW ^f	CW ^g		BW ^d	SW ^e	MW ^f	CW ^g
40	decanal	strong, penetrating, sweet, orange peel odor	1187	n.a.	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1-2 ⁿ	0	0	50-1,000	50-1,000
41	sabinol	-	1189	1806	-	-	0.2	-	n.a.	-	-	n.a.	-
42	sabinyl acetate	-	1194	1193	-	-	-	0.1	n.a.	-	-	-	n.a.
43	octyl acetate	green, waxy, fruity-floral citrus odor	1198	1349	0.1	0.2	0.4	0.2	12 ⁿ	8	17	33	17
44	(Z)-piperitol	minty, musty sour odor	1202	1703	-	-	0.1	-	n.a.	-	-	n.a.	-
48	citronellol	rose-like odor	1216	1744	0.0	0.1	0.1	0.2	40-50 ⁿ	0	2-3	2-3	4-5
49	phenol,4-(1-methylethyl)	-	1218	n.a.	-	-	-	0.2	n.a.	-	-	-	n.a.
52	2-phenyl acetate	-	1251	1799	13.3	14.0	17.7	13.5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
53	carvenone	-	1255	1694	-	-	-	0.4	n.a.	-	-	-	n.a.
54	1-decanol	sweet, fatty, oily, waxy, floral notes	1262	1728	0.2	0.2	0.7	-	47-66 ^j	3-4	3-4	11-15	-

ตารางที่ 10 (ต่อ)

ที่ ^a	สารระเหย	ลักษณะกลิ่น ^b	RI		ความเข้มข้นสัมพัทธ์ ^c (ppm)				threshold (ppb in water)	OAV ^h			
			HP-5	FFAP	BW ^d	SW ^e	MW ^f	CW ^g		BW ^d	SW ^e	MW ^f	CW ^g
55	<i>p</i> -menth-2-en- 7 ol,trans-	-	1263	1855	-	-	-	48.7	n.a.	-	-	-	n.a.
57	thymol	strong, sweet, medical- herbaceous, spicy-phenolic odor	1278	2113	-	-	-	0.1	n.a.	-	-	-	n.a.
58	(<i>E</i>)-anethole	sweet,herbaceous,anise (artificial licorice) odor	1281	1725	-	0.4	-	-	n.a.	-	n.a.	-	-
59	safranal	powerful saffron aroma and taste; tobacco-camphoraceous	1283	1773	-	-	-	1.6	n.a.	-	-	-	n.a.
60	safrole	-	1285	1864	-	-	179.5	-	n.a.	-	-	n.a.	-
61	cuminy alcohol	oily, spicy; cumin-like odor	1288	2174	-	-	-	25.9	n.a.	-	-	-	n.a.
62	cavacrol	-	1293	2130	-	-	-	0.6	n.a.	-	-	-	n.a.
63	ethyl 3- hydroxyoctanoate	oily, slight green-winey odor, fruity	1230	n.a.	0.1	0.2	0.1	0.1	10,000 ⁿ	0	0	0	0
64	<i>p</i> -mentha-1,4- diene-7-ol	-	1325	n.a.	-	-	-	0.4	n.a.	-	-	-	n.a.

ตารางที่ 10 (ต่อ)

ที่ ^a	สารระเหย	ลักษณะกลิ่น ^b	RI		ความเข้มข้นสัมพัทธ์ ^c (ppm)				threshold (ppb in water)	OAV ^h			
			HP-5	FFAP	BW ^d	SW ^e	MW ^f	CW ^g		BW ^d	SW ^e	MW ^f	CW ^g
66	eugenol	strong, spicy, dry, pungent, smoky, clove-like, honey-like	1354	2114	-	-	3.3	-	30 ⁿ	-	-	110	-
67	capric acid	fatty-waxy, cheesy dairy odor	1354	2149	0.1	0.2	0.1	0.2	1,000-10,000 ^{j,n}	0	0	0	0
68	dihydro-5- pentyl- 2(3H)-furanone	-	1358	1618	0.0	0.2	0.1	0.1	8.6-122 ^{j,l}	0	2-23	1-12	1-12
69	isosafole	-	1374	1934	-	-	0.4	-	n.a.	-	-	n.a.	-
71	ethyl caprate	sweet, fatty, nut-like, winey- cognac odor	1385	1614	5.1	4.7	14.8	4.8	8.6-122 ^j	42-593	39-547	121-1721	39-558
72	δ-4-carene	-	1398	1756	-	-	-	5.2	n.a.	-	-	-	n.a.
73	methyl eugenol	musty, tea-like, mild-spicy, clove-like	1398	1997	-	-	14.1	-	820 ⁿ	-	-	17	-
75	cuminyl acetate	-	1416	1949	-	-	-	3.1	n.a.	-	-	-	n.a.
76	(E)-β- caryophyllene	woody, spicy, dry, terpene, midway between cloves and terpentine	1422	1567	0.2	0.1	0.5	0.2	64-160 ^{j,n}	1-3	1-2	3-8	1-3

ตารางที่ 10 (ต่อ)

ที่ ^a	สารระเหย	ลักษณะกลิ่น ^b	RI		ความเข้มข้นสัมพัทธ์ ^c (ppm)				threshold (ppb in water)	OAV ^h			
			HP-5	FFAP	BW ^d	SW ^e	MW ^f	CW ^g		BW ^d	SW ^e	MW ^f	CW ^g
77	ethyl 2-hydroxy-3-phenylpropanoate	-	1436	n.a.	0.1	0.3	0.2	0.7	3,500 ⁿ	0	0	0	0
81	(<i>E,E</i>)- α -farnesene	-	1498	n.a.	-	-	0.7	-	n.a.	-	-	n.a.	-
82	β -bisabolene	sweet, balsamic, citrus, woody, tropical, floral	1501	n.a.	-	-	0.2	-	n.a.	-	-	n.a.	-
83	δ -cadinene	dry, woody, slight burnt, spice character	1522	1717	0.1	0.1	0.6	0.1	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
84	elimicin	-	1547	2136	-	-	2.1	-	n.a.	-	-	n.a.	-
87	ethyl laurate	oily, fatty, floral	1584	1821	3.3	3.8	7.0	3.5	3,500 ⁿ	1	1	2	1
88	2-methylbutyl decanoate	oily, sweet, brandy, whiskey, cognac, slight fruit	1635	n.a.	0.1	0.1	0.2	0.1	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
89	2-ethyl-1-methyl-1H-imidazole	-	1670	2158	0.2	0.8	0.5	1.2	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

ตารางที่ 10 (ต่อ)

ที่ ^a	สารระเหย	ลักษณะกลิ่น ^b	RI		ความเข้มข้นสัมพัทธ์ ^c (ppm)				threshold (ppb in water)	OAV ^h			
			HP-5	FFAP	BW ^d	SW ^e	MW ^f	CW ^g		BW ^d	SW ^e	MW ^f	CW ^g
90	β -eudesmol	-	1671	2133	0.3	0.3	0.6	0.8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
91	ethyl tetradecanoate	-	1789	2018	0.8	1.4	1.4	1.3	5000 ^j	0	0	0	0
92	ethyl 9- hexadecanoate	-	1954	2152	0.4	0.8	0.5	0.5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
93	ethyl hexadecanoate	-	1971	2137	7.0	12.4	8.0	11.7	>2000 ⁿ	4	6	4	6
94	ethyl linoleate	oily fatty	2152	n.a.	0.7	1.7	0.8	1.7	22,000 ⁿ	0	0	0	0
95	methyl-9- octadecenoate(Z),	-	2159	n.a.	0.8	1.7	1.0	1.7	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
96	acetal	fruity, choking alcoholic-like, green odor	n.a.	809	1.0	2.6	1.6	2.8	40-100 ^j	10-25	26-65	16-40	28-40
97	acetic acid	strong, pungent, sour, vinegar odor	n.a.	1330	0.6	1.7	1.0	1.5	22,000 ⁿ	0	0	0	0

ตารางที่ 10 (ต่อ)

ที่ ^a	สารระเหย	ลักษณะกลิ่น ^b	RI		ความเข้มข้นสัมพัทธ์ ^c (ppm)				threshold (ppb in water)	OAV ^h			
			HP-5	FFAP	BW ^d	SW ^e	MW ^f	CW ^g		BW ^d	SW ^e	MW ^f	CW ^g
99	α -fenchyl alcohol	strong, camphoraceous, sweet odor; bitter citrus-lime notes	n.a.	1556	-	-	-	0.5	n.a.	-	-	-	n.a.
100	piperitone	strong, fresh herbaceous, minty odor	n.a.	1708	-	-	0.4	-	n.a.	-	-	n.a.	-
101	cuminaldehyde	pungent, green, herbaceous, cumin-like odor	n.a.	1766	-	-	-	16.9	n.a.	-	-	-	-

หมายเหตุ ^a ลำดับที่ของสารตรงกับ chromatogram ในภาพผนวกที่ ก7 - ก14

^b จากฐานข้อมูล Flavor-Base'2004 ของ Leffingwell (2004)

^c ความเข้มข้นสัมพัทธ์ (ไมโครกรัม/มิลลิลิตร)

^{d-g} ตัวอักษรย่อ BW หมายถึง ไวน์ข้าวที่ใส่กระชายดำ SW หมายถึง ไวน์ข้าวที่ใส่ชะเอมเทศ MW หมายถึง ไวน์ข้าวที่ใส่ดอกจันทน์เทศ CW หมายถึง ไวน์ข้าวที่ใส่เทียนขาว

^h ค่า Odor Activity Value คำนวณได้จากความเข้มข้นของสารหารด้วยค่า threshold ของสารนั้น

ⁱ ค่า threshold ในน้ำ จาก Buttery *et al.* (1968) ^j Etievant (1991) ^k Buttery *et al.* (1999) ^l Chung *et al.* (2001) ^m Frank *et al.* (2003) ⁿ ฐานข้อมูล Flavor-Base'2004 ของ Leffingwell (2004)

n.a. = not available

ตารางที่ 11 ความเข้มข้นของสารระเหย (ppm) ในไวน์ข้าวที่ใส่เทียนข้าวเปลือก (FW) ใบกระวาน (LW) พริกไทย (PW) และลูกกระวาน (AW)

ที่ ^a	สารระเหย	ลักษณะกลิ่น ^b	RI		ความเข้มข้นสัมพัทธ์ ^c (ppm)				threshold (ppb in water)	OAV ^h			
			HP-5	FFAP	FW ^d	LW ^e	PW ^f	AW ^g		FW ^d	LW ^e	PW ^f	AW ^g
1	acetaldehyde	ethereal, green, alcoholic, cognac, somewhat vegetable	<800	604	0.4	0.0	0.5	0.2	15-100 ^{j,p}	4-27	0	5-33	2-13
2	ethanol	sweet, ethereal(alcoholic) odor	<800	832	79.4	162.0	66.8	91.1	100,000 ^p	1	2	1	1
3	isobutyl alcohol	breathtaking, sweet, sweaty-chemical; whiskey-like in dilution	<800	992	10.7	9.2	9.6	10.2	360-22,500 ^j	0-30	0-26	0-27	0-28
4	isoamyl alcohol	breathtaking, alcoholic odor	<800	1157	257.2	250.5	320.5	196.6	250-1,005 ^{j,p}	171-1029	167-1002	214-1282	131-786
5	2,3-butanediol	slightly bitter	805	1554	0.3	3.0	0.5	0.4	>50,000 ^k	0	0	0	0
6	1-hexanol	chemical, winey, slight fatty-fruity odor	869	1257	1.3	0.7	1.5	1.1	2,500 ^p	1	0	30	0
7	isoamyl acetate	sweet, fruity, banana, pear odor	875	1051	0.4	0	0.1	0.1	2 ^p	200	0	50	50
8	benzaldehyde	odor of bitter almond oil; characteristic sweet cherry taste	929	1507	0.2	0.3	0.2	0.6	350 ^p	1	1	1	2

ตารางที่ 11 (ต่อ)

ที่ ^a	สารระเหย	ลักษณะกลิ่น ^b	RI		ความเข้มข้นสัมพัทธ์ ^c (ppm)				threshold (ppb in water)	OAV ^h			
			HP-5	FFAP	FW ^d	LW ^e	PW ^f	AW ^g		FW ^d	LW ^e	PW ^f	AW ^g
9	hexanoic acid	heavy, fatty, cheesy odor	932	n.a.	0.6	2.7	0.4	0.2	3000 ^p	0	1	0	0
10	methionol	strong, meaty, mushroom, soup-like odor in dilution	934	1646	0.4	0.3	0.5	0.3	1,500,000 ^j	3	2	3	2
11	β -pinene	dry, woody, resinous-piney, sweet drops, dirty	936	n.a.	-	-	-	0.5	140.0 ^p	-	-	-	4
12	δ -3-carene	sweet and pungent	952	n.a.	-	-	0.1	-	n.a.	-	-	n.a.	-
13	2-ethyl,1-hexanol	sweet, oily, weak rose odor	958	1364	0.1	0.2	0.3	0.1	830-270,000 ^{i,p}	0	0	0	0
17	benzenemethanol	faint, sweet, fruity aroma	962	1864	0.1	0.0	0.2	0.9	10,000 ^p	0	0	0	0
18	1,8-cineole	strong, camphoraceous, cool, fresh, spicy, mint-like	963	1153	-	0.5	-	2.0	12 ^p	-	42	-	1167
19	ethyl 4-hydroxybutanoate	-	972	1528	0.6	0.6	0.5	0.5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
21	1-octanol	orange-rose, waxy, sweet odor	980	1529	1.6	2.1	3.4	1.9	110-1,000 ^{j,l}	2-15	2-19	3-31	2-17
22	fenchone	camphoraceous, strong, diffusive, sweet odor	993	1285	2.3	-	-	-	n.a.	n.a.	-	-	-

ตารางที่ 11 (ต่อ)

ที่ ^a	สารระเหย	ลักษณะกลิ่น ^b	RI		ความเข้มข้นสัมพัทธ์ ^c (ppm)				threshold (ppb in water)	OAV ^h			
			HP-5	FFAP	FW ^d	LW ^e	PW ^f	AW ^g		FW ^d	LW ^e	PW ^f	AW ^g
23	<i>l</i> -linalool	floral-woody odor with faint citrus note	996	1153	-	4.3	0.5	0.2	6 ^p	-	717	83	33
24	benzeneethanol	floral, rose-like odor	1028	1901	86.1	107.8	94.5	74.3	750-1,100 ^{j,p}	78-115	98-114	86-126	68-99
26	pinocaveol	sweet, pine-camphoraceous with slight minty odor	1074	1630	-	-	-	3.4	n.a.	-	-	-	n.a.
28	pinocarvone	-	1119	1545	-	-	-	1.2	n.a.	-	-	-	n.a.
29	caprylic acid	fatty, rancid, sweaty odor	1121	2028	0.8	0.2	1.8	1.0	3,000 ^{i,p}	0	0	1	0
30	<i>endo</i> -borneol	sharp, camphoraceous, woody, peppery reminiscent of mint	1126	n.a.	-	-	-	0.2	n.a.	-	-	-	n.a.
31	butanedioic acid, diethyl ester	-	1139	1659	0.7	0.9	1.0	0.6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
32	terpinen-4-ol	sweet,early,musty,slight peppery,pleasantly herbaceous, terpeny,spicy	1147	1581	0.0	0.9	2.4	0.9	340 ⁱ	0	3	7	3

ตารางที่ 11 (ต่อ)

ที่ ^a	สารระเหย	ลักษณะกลิ่น ^b	RI		ความเข้มข้นสัมพัทธ์ ^c (ppm)				threshold (ppb in water)	OAV ^h			
			HP-5	FFAP	FW ^d	LW ^e	PW ^f	AW ^g		FW ^d	LW ^e	PW ^f	AW ^g
33	<i>p</i> -cymen-8-ol	nut like odor; walnut taste	1157	1832	-	-	-	0.2	n.a.	-	-	-	n.a.
34	α -terpineol	sweet, floral (lilac), lime odor, very sweet taste in dilution	1169	1675	-	1.1	1.9	2.2	350 ^p	-	3	5	6
35	ethyl caprylate	fruity, winey, sweet odor	1171	1314	0.1	0.5	0.3	0.4	200-870 ^j	0-1	1-3	0-2	0-2
36	α -fenchene	-	1177	n.a.	-	-	-	0.1	n.a.	-	-	-	n.a.
38	estragole	sweet, herbaceous, anise-fennel odor	1183	1649	2.7	-	-	-	n.a.	n.a.	-	-	-
39	myrtenol	herbaceous, slight woody odor	1183	1765	-	-	-	3.3	7 ^p	-	-	-	471
40	decanal	strong, penetrating, sweet, orange peel odor	1187	n.a.	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1-2 ^p	50-1,000	50-1,000	50-1,000	0
43	octyl acetate	green, waxy, fruity-floral citrus odor	1198	1349	0.2	0.2	0.3	0.2	12 ^p	17	17	25	17
45	α -phellandrene	fresh, spicy, citrus, pepery, woody-minty, dill-like, terpinyl	1207	n.a.	-	-	0.2	-	200 ^p	-	-	1	-
46	verbenone	warm resinous odor with herbal celery notes	1209	n.a.	-	-	-	0.2	n.a.	-	-	-	n.a.

ตารางที่ 11 (ต่อ)

ที่ ^a	สารระเหย	ลักษณะกลิ่น ^b	RI		ความเข้มข้นสัมพัทธ์ ^c (ppm)				threshold (ppb in water)	OAV ^h			
			HP-5	FFAP	FW ^d	LW ^e	PW ^f	AW ^g		FW ^d	LW ^e	PW ^f	AW ^g
47	(E)-(+)-carveol	caraway-like, sweet spearmint-like oily, camphoraceous, insipid odor	1212	n.a.	-	-	-	0.2	n.a.	-	-	-	n.a.
48	citronellol	rose-like odor	1216	1744	0.2	0.0	0.3	0.3	40-50 ^p	4-5	0	6-8	6-8
50	nerol	fresh, sweet, rose-like, citrus-like	1219	n.a.	-	0.1	-	-	300 ^p	-	0	-	-
51	(E)-geraniol	sweet, floral, fresh rose	1245	1846	-	0.1	-	-	40 ^p	-	3	-	-
52	2-phenyl acetate	-	1251	1799	11.6	17.3	18.3	13.7	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
54	1-decanol	sweet, fatty, oily, waxy, floral notes	1262	1728	0.2	0.1	0.3	0.2	47-66 ^j	3-4	2	5-6	3-4
56	camphene	oily, camphoraceous, insipid odor	1264	n.a.	-	-	-	0.7	n.a.	-	-	-	n.a.
58	(E)-anethole	sweet, herbaceous, anise (artificial licorice) odor	1281	1725	69.0	-	-	0.0	n.a.	n.a.	-	-	n.a.
60	safrole	-	1285	1864	-	0.1	-	-	n.a.	-	n.a.	-	-

ตารางที่ 11 (ต่อ)

ที่ ^a	สารระเหย	ลักษณะกลิ่น ^b	RI		ความเข้มข้นสัมพัทธ์ ^c (ppm)				threshold (ppb in water)	OAV ^h			
			HP-5	FFAP	FW ^d	LW ^e	PW ^f	AW ^g		FW ^d	LW ^e	PW ^f	AW ^g
63	ethyl 3-hydroxyoctanoate	oily, slight green-winey odor, fruity	1230	n.a.	0.2	0.5	1.5	0.8	10,000 ^p	0	0	0	0
65	α -terpinolene	sweet, piney, slight anisic, citrus	1334	1746	-	-	0.1	-	200 ^p	-	-	1	-
67	capric acid	fatty-waxy, cheesy dairy odor	1354	2149	0.1	0.2	0.1	0.1	1,000-10,000 ^{j,p}	0	0	0	0
68	dihydro-5-pentyl-2(3H)-furanone	-	1358	1618	0.1	0.1	0.1	0.1	8.6-122 ^{j,l}	1-12	1-12	1-12	1-12
70	α -copaene	floral, woody	1374	n.a.	-	-	0.1	-	n.a.	-	-	n.a.	-
71	ethyl caprate	sweet, fatty, nut-like, winey-cognac odor	1385	1614	6.0	8.7	6.2	5.5	8.6-122 ^j	49-698	71-1012	51-721	45-640
74	aromadendrene	-	1410	n.a.	-	-	0.1	-	n.a.	-	-	n.a.	-
76	(<i>E</i>)- β -caryophyllene	woody, spicy, dry, terpene, midway between cloves and terpine	1422	1567	0.2	0.1	1.3	0.1	64-160 ^{j,p}	1-3	1-2	8-20	1-2
77	ethyl 2-hydroxy-3-phenylpropanoate	-	1436	n.a.	0.3	0.4	0.5	0.2	3,500 ^p	0	0	0	0

ตารางที่ 11 (ต่อ)

ที่ ^a	สารระเหย	ลักษณะกลิ่น ^b	RI		ความเข้มข้นสัมพัทธ์ ^c (ppm)				threshold (ppb in water)	OAV ^h			
			HP-5	FFAP	FW ^d	LW ^e	PW ^f	AW ^g		FW ^d	LW ^e	PW ^f	AW ^g
78	1-propanone,1-(4-methoxy phenyl)	-	1446	n.a.	0.1	-	-	-	n.a.	n.a.	-	-	-
79	α -humulene	woody	1454	n.a.	-	-	0.1	-	n.a.	-	-	n.a.	-
80	α -muurolene	-	1495	n.a.	-	-	0.1	-	n.a.	-	-	n.a.	-
82	δ -cadinene	dry, woody, slight burnt, spice character	1522	1717	0.2	0.3	0.2	0.2	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
85	nerolidol	faint, wood-floral, slight green	1556	2011	-	0.7	-	-	100,000 ^m	-	0	-	-
86	ionol	floral,sweet, oily, herbarceous, balsamic odor	1561	n.a.	-	0.2	-	-	n.a.	-	n.a.	-	-
87	ethyl laurate	oily, fatty, floral	1584	1821	5.1	7.5	4.9	4.5	3,500 ^p	1	2	1	1
88	2-methylbutyl decanoate	oily, sweet, brandy, whiskey, cognac, slight fruit	1635	n.a.	0.1	0.2	0.1	0.1	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
89	2-ethyl-1-methyl-1H-imidazole	-	1670	2158	1.0	0.2	2.3	2.7	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

ตารางที่ 11 (ต่อ)

ที่ ^a	สารระเหย	ลักษณะกลิ่น ^b	RI		ความเข้มข้นสัมพัทธ์ ^c (ppm)				threshold (ppb in water)	OAV ^h			
			HP-5	FFAP	FW ^d	LW ^e	PW ^f	AW ^g		FW ^d	LW ^e	PW ^f	AW ^g
90	β -eudesmol	-	1671	2133	0.4	1.2	1.0	0.4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
91	ethyl tetradecanoate	-	1789	2018	1.7	2.1	1.5	1.3	5000 ^j	0	1	0	0
92	ethyl 9- hexadecanoate	-	1954	2152	0.7	0.9	0.7	0.7	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
93	ethyl hexadecanoate	-	1971	2137	16.0	17.6	10.8	9.6	>2000 ^p	8	9	5	5
94	ethyl linoleate	oily fatty	2152	n.a.	2.2	2.2	1.5	1.3	22,000 ^p	0	0	0	0
95	methyl-9- octadecenoate(Z),	-	2159	n.a.	2.2	2.3	0.6	1.2	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
96	acetal	fruity, choking alcoholic-like, green odor	n.a.	809	3.7	0.6	1.6	2.4	40-100 ^j	37-93	6-15	16-40	24-60
97	acetic acid	strong, pungent, sour, vinegar odor	n.a.	1330	2.0	0.6	3.1	2.6	22,000 ^p	0	0	0	0

ตารางที่ 11 (ต่อ)

ที่ ^a	สารระเหย	ลักษณะกลิ่น ^b	RI		ความเข้มข้นสัมพัทธ์ ^c (ppm)				threshold (ppb in water)	OAV ^h			
			HP-5	FFAP	FW ^d	LW ^c	PW ^f	AW ^g		FW ^d	LW ^c	PW ^f	AW ^g
98	camphor	harsh, minty-cooling characteristic camphor odor	n.a.	1390	0.0	0.0	-	0.1	324 ⁱ	0	0	-	0

หมายเหตุ ^a ลำดับที่ของสารตรงกับ chromatogram ในภาพผนวกที่ ก15 – ก22

^b จากฐานข้อมูล Flavor-Base'2004 ของ Leffingwell (2004)

^c ความเข้มข้นสัมพัทธ์ (ไมโครกรัม/มิลลิลิตร)

^{d-g} ตัวอักษรย่อ FW หมายถึง ไนซ์ข้าวที่ใส่เทียนข้าวเปลือก LW หมายถึง ไนซ์ข้าวที่ใส่ใบกระวาน PW หมายถึง ไนซ์ข้าวที่ใส่
พริกไทย AW หมายถึง ไนซ์ข้าวที่ใส่ลูกกระวาน

^h ค่า Odor Activity Value คำนวณได้จากความเข้มข้นของสารหารด้วยค่า threshold ของสารนั้น

ⁱ ค่า threshold ในน้ำ จาก Buttery *et al.* (1968) ^j Etievant (1991) ^k Buttery *et al.* (1999) ^l Chung *et al.* (2001) ^m Zea *et al.*
(2001) ⁿ Frank *et al.* (2003) ^p ฐานข้อมูล Flavor-Base'2004 ของ Leffingwell (2004) ⁱ

n.a. = not available

ไวน์ข้าวที่ใส่ชะเอมเทศมี (*E*)-anethole 0.4 ppm โดย (*E*)-anethole เป็นสารระเหยตัวหนึ่งที่มีอยู่ในชะเอมเทศ มีปริมาณ 3.8 % ของสารระเหยทั้งหมด ซึ่ง β -pinene ที่มีปริมาณมากที่สุดในชะเอมเทศ ไม่พบในตัวอย่างไวน์ข้าวที่ใส่ชะเอมเทศ เนื่องจากวิธีการสกัดสารในชะเอมเทศสกัดด้วยตัวทำละลาย ส่วนการสกัดสารระเหยในตัวอย่างไวน์ข้าวที่ใส่ชะเอมเทศ สกัดด้วย SPME สารระเหยที่สามารถสกัดได้จึงต่างกัน (Health, 1981)

ไวน์ข้าวที่ใส่ดอกจันทน์เทศมี safrole มากที่สุดในสารระเหยที่เพิ่มขึ้นมา รองลงมาคือ terpinen-4-ol นอกจากนี้ยังมี β -pinene, *p*-cymene, *l*-limonene, β -phellandrene, 1,8-cineole, γ -terpinene, linalool, α -terpineol, 1-terpineol, sabinol, (*Z*)-piperitol, eugenol, isosafrole, methyl eugenol, elimicin, (*E*)- α -farnesene, β -bisabolene และ piperitone ตามตารางที่ 10 โดย terpinen-4-ol ที่ให้กลิ่น หวาน ดิน สมุนไพร พริกไทย และเผ็ดร้อน มีค่า OAV = 180 รองลงมาคือ *l*-linalool และ eugenol ที่ให้กลิ่น ดอกไม้ ไม้ มะนาว และ แร่ เผ็ดร้อน แหลม ควน กานพลู น้ำผึ้ง ตามลำดับ ซึ่งมีค่า OAV ถึง 110 *l*-limonene ที่ให้กลิ่นสดชื่น หวาน ไฮโดรคาร์บอน และเปลือกส้ม มีค่า OAV = 80 ไวน์ข้าวที่ใส่ดอกจันทน์เทศ จึงมีลักษณะกลิ่นต่างจากตัวอย่างไวน์ข้าวควบคุม เพราะมีสารระเหยที่ให้ค่า OAV มากกว่า 1 (ตารางที่ 10) ซึ่ง isosafrole และ β -bisabolene ไม่มีในดอกจันทน์เทศ ทั้งนี้เนื่องจาก isosafrole เป็น isomer กับ safrole (Bauer *et al.*, 1997) ซึ่งมีในดอกจันทน์เทศ จึงอาจเปลี่ยนจาก safrole เป็น isosafrole ได้ในระหว่างการหมัก สำหรับ β -bisabolene ที่ไม่พบในดอกจันทน์เทศ แต่พบในไวน์ข้าวที่ใส่ดอกจันทน์เทศ อาจเป็นเพราะสภาวะในการสกัดสารระเหยต่างกัน (Health, 1981) ทำให้สารระเหยที่สกัดได้ต่างกัน

ไวน์ข้าวเทียนขามีสารระเหยที่พบมากขึ้น ได้แก่ *p*-cymene, 1,8-cineole, γ -terpinene, *l*-linalool, terpinen-4-ol, α -terpineol, pinocarveol, exo-methyl-canphenilol, endo-borneol, *p*-cymen-8-ol, pulegone, myrtenol, sabinyl acetate, phenol, 4-(1-methylethyl), *p*-isopropylphenol, carvenone, *p*-menth-2-en-7-ol, *E*-, thymol, safranal, cuminyl alcohol, cavacrol, *p*-mentha-1,4-dien-7-ol, δ -4-carene, cuminyl acetate, α -fenchyl alcohol และ cuminaldehyde สารระเหยที่พบมากที่สุดคือ *p*-menth-2-en-7 ol, *E*- รองลงมาคือ cuminyl alcohol และสารระเหยที่สามารถหาค่า OAV ได้ และมีค่า OAV สูง คือ *p*-cymene (OAV = 108) ที่ให้กลิ่นแรง เทอร์พีน เปลือกมะนาวที่ถูกออกซิไดซ์ รองลงมาคือ myrtenol (OAV = 57) ที่ให้กลิ่น สมุนไพร ไม้; การบูร และ α -terpineol (OAV = 18) ที่ให้กลิ่น

หอมหวาน ดอกไม้ มะนาว ดังนั้นลักษณะกลิ่นโดยรวมของไวน์ข้าวที่ใส่เทียนขาวจึงต่างจากตัวอย่างไวน์ข้าวควบคุม สารระเหยในไวน์ข้าวที่ใส่เทียนขาว จะพบสารบางชนิดที่ตรวจวิเคราะห์ไม่พบในเทียนขาว ได้แก่ pulegone , *exo*-methyl-canphenilol, δ -4-carene, sabinyl acetate, phenol, 4-(1-methylethyl), carvenone, *p*-menth-2-en-7-ol, *E*- , cavacrol, cuminyl acetate, thymol ไม่มีในเทียนขาว ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากตัวทำละลายในการสกัดแยกสารได้ต่างกัน รวมถึงระยะเวลาในการหมัก ใช้เวลาถึง 21 วัน จึงทำให้สารระเหยบางชนิดออกมาได้ต่างกัน (Health, 1981; Reineccius, 1994)

สำหรับไวน์ข้าวที่ใส่เทียนขาวเปลือกมี (*E*)-anethole มากที่สุด นอกจากนั้นยังมี terpinen-4-ol, camphor, fenchone, 4-allyl anisole, และ 1-propanone, 1-(4-methoxyphenyl)- ตามตารางที่ 11 จากสารระเหยที่เพิ่มขึ้นมา จึงทำให้ลักษณะกลิ่นของไวน์ข้าวที่ใส่เทียนขาวเปลือกต่างจากตัวอย่างไวน์ข้าวควบคุม สำหรับ terpinen-4-ol พบในไวน์ข้าวที่ใส่เทียนขาวเปลือก แต่ไม่พบในเทียนขาวเปลือก เนื่องจากวิธีการสกัดต่างกัน

สำหรับไวน์ข้าวใบกระวานมี 1,8-cineole, *l*-linalool, terpinen-4-ol, safrole, α -terpineol, camphor, nerol, (*E*)-geraniol, nerolidol และ ionol โดยมี *l*-linalool (OAV = 717) ปริมาณมากที่สุด และ 1,8-cineole ที่ให้กลิ่นการบูร เย็น เผ็ดร้อน มีน้ มีค่า OAV = 42 ลักษณะกลิ่นของไวน์ข้าวที่ใส่ใบกระวานจึงเปลี่ยนไปจากตัวอย่างไวน์ข้าวควบคุม ส่วน nerol, geraniol และ ionol เพิ่มขึ้นจากสารระเหยที่พบในใบ กระวาน โดย nerol และ geraniol มักพบคู่กันเนื่องจากเป็น isomer กัน (Bauer *et al.*, 1997) โดย *l*-linalool, nerol, geraniol และ α -terpineol เป็นสารระเหยกลุ่มเทอร์พีนที่สำคัญในไวน์ข้าวที่ให้กลิ่นดอกไม้ หอมหวานในไวน์ขาว (Clarke and Bakker, 2004)

ไวน์ข้าวที่ใส่พริกไทยมีสารระเหยที่เพิ่มขึ้นมา ได้แก่ *l*-linalool (OAV = 83), terpinen-4-ol, α -terpineol, δ -3-carene, α -phellandrene, α -terpinolene, α -copaene, alloaromadendrene, α -humulene และ α -murrulene โดยมี terpinen-4-ol ในปริมาณมากที่สุด (OAV = 7) และมี α -terpineol (OAV = 5) ที่ให้กลิ่นหอมหวาน ดอกไม้ มะนาว, α -phellandrene (OAV = 1) ให้กลิ่นสดชื่น ส้ม พริกไทย ไม้ มีน้ และเทอร์พีน และ α -terpinolene (OAV = 1) ที่ให้กลิ่นหวาน ส้ม (ตารางที่ 11) ทำให้ลักษณะกลิ่นโดยรวมของไวน์ข้าวที่ใส่พริกไทยต่างจากตัวอย่างไวน์ข้าวควบคุม

ไวน์ข้าวที่ใส่ลูกกระวานมี pinocarveol มากที่สุด รองลงมาคือ myrtenol (OAV = 471) นอกจากนั้นยังมี β -pinene, 1,8-cineol (OAV = 167), *l*-linalool (OAV = 33), terpinen-4-ol (OAV = 3), (*E*)-anethole, α -terpineol (OAV = 6), camphor, pinocarveol, pinocarvone, *endo*-borneol, *p*-cymen-8-ol, α -fenchene, , (*Z* and *E*)-1-deuterio-2,2dimethyl-3-(2-methyl-1propenyl)cyclopropane-1-carbonitrile, (*E*)-(+)-carveol และ camphene ตามตารางที่ 11 กลิ่นโดยรวมของไวน์ข้าวที่ใส่ลูกกระวานจึงเปลี่ยนไปจากตัวอย่างไวน์ข้าวควบคุม

จากการที่ใส่สมุนไพรและเครื่องเทศลงในไวน์ข้าวทำให้ไวน์ข้าวที่ได้มีปริมาณสารระเหย เช่นเดียวกับไวน์ขาวจากองุ่นซึ่งมีสารให้กลิ่นที่สำคัญได้แก่ monoterpene alcohol เช่น geraniol, hotrienol, linalool, nerol และ α -terpineol รวมไปถึงออกไซด์ของสารประกอบในกลุ่มนี้ ได้แก่ linalool oxide, nerol oxide และ rose oxide (Falque *et al.*, 2001) จึงน่าจะทำให้กลิ่นรสโดยรวมของไวน์ข้าวที่ผลิตได้ดีขึ้นถ้ามีกลิ่นที่ไม่แรงเกินไป และกลิ่นเข้ากับกลิ่นไวน์ข้าว

3. การวิเคราะห์สารให้กลิ่นที่สำคัญในไวน์ข้าว

วิเคราะห์สารให้กลิ่นที่สำคัญ ในไวน์ข้าวด้วยวิธี Aroma Extract Dilution Analysis (AEDA) โดยนำไวน์ข้าวที่หมักได้ ใส่ในขวดเฮดสเปส ปริมาณ 5.0, 4.0, 2.0, 1.0, 0.5, 0.3 และ 0.1 มิลลิลิตร ตามลำดับ แล้วให้ผู้ทดสอบที่ผ่านการคัดเลือก และฝึกฝนจำนวน 2 คน (นิสิตปริญญาโท ภาควิชาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีการอาหาร) ทดสอบสารระเหยให้กลิ่นในไวน์ข้าวด้วยเครื่อง Gas-Chromatography-Olfactometry (GC-O) ซึ่งปลายคอลัมน์แยกเป็นสองส่วน (1:1) เพื่อให้สารที่แยกได้ไปที่ Flame Ionization Detector (FID) ที่อุณหภูมิ 250 °C กับ sniffing port โดยใช้สถานะของเครื่อง GC เช่นเดียวกับเครื่อง GC-MS และแยกสารระเหยโดยใช้แคปิลารีคอลัมน์ HP-5 ขนาด 30 เมตร X 0.25 มิลลิเมตร X 0.32 ไมโครเมตร

ผู้ทดสอบจะดมกลิ่นของสารระเหยที่ sniffing port โดยสูบลำดับการดม (ไม่เรียงลำดับการเจือจาง) เพื่อป้องกันอคติ แล้วเปรียบเทียบกับค่า RI ของสารให้กลิ่นกับค่า RI ที่ได้จากการแยกด้วยเครื่อง GC-MS เพื่อระบุชนิดของสารให้กลิ่น แล้วรายงานเป็นค่า FD factor ของแต่ละสาร ซึ่งค่านี้เป็นระดับที่

เจือจางมากที่สุดที่ผู้ทดสอบยังงัดกลิ่น

3.1 AEDA ของไวน์ข้าว

จากผลการวิเคราะห์สารให้กลิ่นที่สำคัญด้วยวิธี AEDA จะเห็นว่าตัวที่มีค่า FD factor สูงที่สุด (10) คือ 2-ethyl-1-hexanol (กลิ่นหวาน ผลไม้) และ benzeneethanol (กลิ่นหวาน) รองลงมาคือ isoamyl alcohol (กลิ่นผลไม้ หอมหวาน), 1-octanol (กลิ่นหวาน ไวน์), diethyl butanedioic acid, diethyl ester (กลิ่นหวานอมเปรี้ยว ผลไม้ ไวน์), decanal (หวานอมเปรี้ยว ขม) และ ethyl 3-hydroxyoctanoate (กลิ่นหอมหวาน) ซึ่งมีค่า FD factor = 5 และมี isobutyl alcohol (กลิ่นหวาน จุนผลไม้) และ (*E*)- β -caryophyllene (กลิ่นไวน์ แอลกอฮอล์ เย็น; ขม) มีค่า FD factor = 2.5 และ ethyl caprylate (ดอกไม้ หอมหวาน ไม้; ขม) มีค่า FD factor = 1.25 สำหรับสารระเหยที่มีค่า FD factor = 1 คือได้กลิ่นเมื่อไม่มีการเจือจาง ได้แก่ octyl acetate (ดอกไม้ ไวน์ เผ็ดร้อน), 1-decanol (กลิ่นไวน์ แอลกอฮอล์; ขม) และ ethyl laurate (กลิ่นหวาน เย็น) (ตารางที่ 12) แสดงว่าสารระเหยดังกล่าวมีผลต่อกลิ่นของตัวอย่างไวน์ข้าว

เมื่อเทียบกับ OAV แล้ว จะเห็นได้ว่าบางตัวค่า OAV สูงแต่ค่า FD factor กลับน้อยกว่า ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการปลดปล่อยกลิ่น การบดบังกลิ่นจากสารระเหยตัวอื่นๆ ได้ รวมถึงสารบางตัวแม้ว่าค่า OAV จากตารางที่ 9 จะน้อยกว่า 1 ได้แก่ 2-ethyl-1-hexanol, 1-decanol และ ethyl 3-hydroxyoctanoate ทั้งนี้เพราะความเข้มข้นของสารระเหยที่ใช้คำนวณค่าเป็นค่าที่คิดจาก 1 มิลลิลิตร

3.2 AEDA ของไวน์ข้าวที่ใส่กระชายดำ ชะเอมเทศ ดอกจันทน์เทศ เทียนขาว เทียนขาวเปลือก ใบกระวาน พริกไทย และลูกกระวาน

เมื่อใส่กระชายดำ ชะเอมเทศ ดอกจันทน์เทศ เทียนขาว เทียนขาวเปลือก ใบกระวาน พริกไทย และลูกกระวาน ในไวน์ข้าวพบว่าค่า FD factor ของสารระเหยที่ดมได้เปลี่ยนไป ตามตารางที่ 12 สอดคล้องกับค่า OAV ของสารระเหยในไวน์ข้าวเมื่อใส่สมุนไพรและเครื่องเทศ สำหรับสารระเหย

ตารางที่ 12 ชนิด ลักษณะกลิ่น และค่า FD factor ของสารระเหยในไวน์ข้าว แยกโดยคอลัมน์ HP-5

สารประกอบ ^a	คำบรรยาย ^b	RI ^c	FD factor ^d								
			RW ^e	BW ^f	SW ^g	MW ^h	CW ⁱ	FW ^j	LW ^k	PW ^l	LW ^m
isobutyl alcohol	หวาน จุน ผลไม้	<800	2.5	1.25	5.0	2.5	5.0	2.5	2.5	1.25	5.0
isoamyl alcohol	ผลไม้ หอมหวาน	834	5.0	-	2.5	5.0	1.0	1.0	-	1.0	-
2-ethyl-1-hexanol	หวาน ผลไม้	960	10.0	5.0	10.0	5.0	2.5	1.0	5.0	5.0	-
1-octanol	หวาน ไวน์	978	5.0	1.25	16.7	16.7	5.0	2.5	5.0	10.0	10.0
benzeneethanol	หวาน	1011	10.0	10.0	16.7	16.7	10.0	16.7	10.0	10.0	10.0
diethyl butanedioic acid, diethyl ester	หวานอมเปรี้ยว ผลไม้ ไวน์	1135	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	10.0
decanal	หวานอมเปรี้ยว; ขม	1181	5.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	1.0
ethyl caprylate	ดอกไม้ หอมหวาน; ขม	1216	1.25	5.0	1.25	1.25	2.5	2.5	5.0	5.0	1.25
octyl acetate	ดอกไม้ ไวน์ เฝื่อน	1191	1.0	2.5	2.5	5.0	1.25	1.25	1.25	-	1.25
1-decanol	ไวน์ แอลกอฮอล์; ขม	1274	1.0	2.5	2.5	1.25	1.25	5.0	2.5	1.25	1.0
ethyl 3-hydroxyoctanoate	หอมหวาน	1314	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	2.5	5.0	1.0	1.0
(E)- β -caryophyllene	ไวน์ แอลกอฮอล์ เข้ม; ขม	1416	2.5	2.5	2.5	1.0	5.0	5.0	1.0	1.25	1.25
ethyl laurate	หวาน เอียน	1606	1.0	1.0	1.0	-	-	1.0	-	-	1.0

ตารางที่ 12 (ต่อ)

สารประกอบ ^a	คำบรรยาย ^b	RI ^c	FD factor ^d								
			RW ^e	BW ^f	SW ^g	MW ^h	CW ⁱ	FW ^j	LW ^k	PW ^l	LW ^m
unknown	ฟาด สมุนไพร	1682	-	-	-	-	-	-	1.25	-	-
<i>l</i> -linalool	ไม้; ขม	1103	-	-	-	-	1.25	-	-	-	-
δ -elemene	ไม้ เฟ็คร่อน; ขม	1357	-	1.0	2.5	-	2.5	-	1.25	-	-
α -thujene	ฉุน เฟ็คร่อน	938	-	-	-	-	-	1.0	-	-	-
(<i>E</i>)-(+)-carveol	หวาน เขียว	1250	-	-	-	2.5	-	1.0	-	-	-
β -bisabolene	หวาน เย็น ไม้; ขม	1545	-	1.25	-	-	-	1.25	-	2.5	1.25
unknown	หวาน เย็น	1508	-	-	-	-	-	2.5	-	-	-
(<i>E</i>)-anethole	สมุนไพร	942	-	-	10	-	-	-	-	-	1.0

หมายเหตุ ^a การระบุชนิดสารระเหยพิจารณาจากค่า RI ที่คำนวณได้เทียบกับผลจาก GC-MS ประกอบกับลักษณะกลิ่นที่ดมได้จาก GCO

^b นิยามของกลิ่นที่ดมได้จาก GCO

^c ค่า retention index ที่คำนวณได้ เมื่อแยกสารบนคอลัมน์ HP-5 (60 m X 0.25 mm X 0.32 μ m)

^d ค่า FD factor เมื่อแยกสารบนคอลัมน์ HP-5 (60 m X 0.25 mm X 0.32 μ m) โดยค่า FD factor =1, 1.25, 2.5, 5, 10 และ 16.67 เมื่อไวน์ข้าวมี ปริมาณ 5, 4, 2, 1, 0.5 และ 0.3 ตามลำดับ

^{e-m} RW หมายถึง ไวน์ข้าว BW หมายถึง ไวน์ข้าวที่ใส่กระชายดำ SW หมายถึง ไวน์ข้าวที่ใส่ชะเอม MW หมายถึง ไวน์ข้าวที่ใส่ดอกจันทน์เทศ CW หมายถึง ไวน์ข้าวที่ใส่เทียนขาว FW หมายถึง ไวน์ข้าวที่ใส่เทียนขาวเปลือก LW หมายถึง ไวน์ข้าวที่ใส่ใบกระวาน PW หมายถึง ไวน์ข้าวที่ใส่พริกไทย และ AW หมายถึง ไวน์ข้าวที่ใส่ลูกกระวาน ตามลำดับ

isoamyl alcohol ไม่สามารถคมกลิ่นได้ เมื่อใส่กระชายดำ ใบกระวาน และลูกกระวาน โดยสอดคล้องกับค่า OAV ที่ลดลง เมื่อใส่สมุนไพรทั้ง 2 ชนิดในไวน์ข้าว 2-ethyl-1-hexanol ไม่สามารถได้กลิ่นได้ เมื่อใส่ลูกกระวาน สอดคล้องกับการที่ค่า OAV ลดลงเมื่อใส่ลูกกระวาน

octyl acetate ไม่สามารถได้กลิ่นได้ เมื่อใส่พริกไทย รวมถึง ethyl laurate เมื่อใส่ดอกจันทน์เทศ ใบกระวาน เทียนขาว พริกไทย สอดคล้องกับค่า OAV ของสารที่ลดลง

สารระเหยที่ได้กลิ่นเพิ่มขึ้นเมื่อใส่สมุนไพรและเครื่องเทศ คือ ไวน์ข้าวที่ใส่กระชายดำ พบสารระเหย δ -elemene (FD factor = 1.0) ซึ่งได้กลิ่นไม้ เผ็ดร้อน; ขม และสารระเหย β -bisabolene มีลักษณะกลิ่นที่คมได้ คือหวาน เย็น ไม้; ขม (FD factor = 1.25) ตามตารางที่ 12 ทั้งนี้สารระเหยทั้ง 2 ตัวไม่พบในตัวอย่างไวน์ข้าวที่ใส่กระชายดำ และกระชายดำสด ทั้งนี้เพราะความสามารถในการวิเคราะห์สารที่ได้ของเครื่องต่างกัน (Reineccius, 1994)

ไวน์ข้าวที่ใส่ชะเอมเทศ พบสารระเหย δ -elemene (FD factor = 2.5) และ (*E*)-anethole (FD factor = 10) สำหรับไวน์ข้าวที่ใส่ใบกระวานพบสารระเหยที่ไม่สามารถระบุชนิดได้ RI = 1682 (FD factor = 1.25) ลักษณะกลิ่นที่คมได้คือฝาด สมุนไพร และพบสารระเหย δ -elemene (FD factor = 1.25)

ไวน์ข้าวที่ใส่ดอกจันทน์เทศพบสารระเหย (*E*)- α -carveol (กลิ่นหวาน เขียว) (FD factor = 2.5) ไวน์ข้าวที่ใส่เทียนขาวพบสารระเหย *l*-linalool (FD factor = 1.25) และ δ -elemene (FD factor = 1.25) ไวน์ข้าวที่ใส่เทียนขาวเปลือก พบสารระเหย α -thujene (กลิ่นฉุน เผ็ดร้อน), (*E*)- α -carveol (กลิ่นหวาน เขียว) สารระเหยที่ไม่สามารถระบุชนิดได้ที่มีค่า RI = 1508 (กลิ่นหวาน เย็น) และ β -bisabolene (กลิ่นหวาน เย็น ไม้; ขม) ซึ่งมีค่า FD factor = 1.0 1.0 1.25 และ 2.5 ตามลำดับ

ไวน์ข้าวที่ใส่พริกไทยพบสารระเหย β -bisabolene (FD factor = 2.5) ไวน์ข้าวที่ใส่ลูกกระวานพบสารระเหย (*E*)-anethole (กลิ่นสมุนไพร) ค่า FD factor = 1.0 และ สารระเหย β -bisabolene (FD factor = 1.25)

จากการที่เมื่อใส่สมุนไพรและเครื่องเทศสามารถดมได้กลิ่นสารระเหยเพิ่มขึ้นมาจากตัวอย่างไวน์ข้าวควบคุม โดยสารระเหยที่เพิ่มขึ้นมาให้ลักษณะกลิ่นสมุนไพร เจียว หวาน เผ็ดร้อน จึงทำให้ลักษณะกลิ่นของไวน์ข้าวเมื่อใส่สมุนไพรและเครื่องเทศต่างจากตัวอย่างไวน์ข้าวควบคุม

4. การทดสอบกลิ่นไวน์ข้าวโดยการประเมินทางประสาทสัมผัส

เมื่อนำไวน์ข้าวทั้ง 9 ชนิดมาทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบที่รู้จักลักษณะกลิ่นเป็นอย่างดี 5 คนมาวิเคราะห์ และบรรยายกลิ่นที่ได้ เมื่อดมไวน์ข้าว ซึ่งถือว่าการรับรู้กลิ่นของสารระเหยเหนือตัวอย่างอาหาร (Ruth, 2001) ได้ผลตามตารางที่ 13

ผู้ทดสอบคนที่ 1 และ 2 พบว่า ไวน์ข้าวที่เป็นตัวอย่างควบคุมจะมีกลิ่นเปรี้ยวเหมือนข้าวหมัก ซึ่งเนื่องจากไวน์ข้าวมีปริมาณกรดอะซิติก ที่มีลักษณะกลิ่นเปรี้ยว น้ำส้มสายชู (OAV = 0) และปริมาณ isobutyl alcohol (OAV = 2) จึงให้กลิ่นเหม็นสูงกว่าตัวอื่นทำให้มีกลิ่นหมักชัดเจน หรือเป็นเพราะไม่มีกลิ่นของสมุนไพรไปช่วยกลบกลิ่นหมักจึงมีกลิ่นหมักแรง สำหรับไวน์ข้าวที่ใส่กระชายดำ พบว่าโดยรวมแล้วผู้ทดสอบยังได้กลิ่นหมักอยู่ เนื่องจากกลิ่นสมุนไพรที่เพิ่มขึ้นมา ได้แก่ *l*-linalool (OAV = 17) มีกลิ่นดอกไม้ ไม้ มะนาว และจากการทำ GC-O ได้กลิ่นของสารระเหยในสมุนไพรเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 12) ทำให้เมื่อทดสอบทางประสาทสัมผัสสามารถได้กลิ่นของสมุนไพรเพิ่มขึ้นมา ไวน์ข้าวที่ใส่ชะเอมเทศผู้ทดสอบได้กลิ่นไม้ชัดเจน จะเป็นลักษณะกลิ่นฝาดๆ และสามารถระบุชนิดของสมุนไพรได้ เนื่องจากมี (*E*)-anethole (0.4 ppm) ซึ่งให้กลิ่นยี่หระ คล้ายชะเอมอยู่ สอดคล้องกับการดม GC-O ที่ได้กลิ่น (*E*)-anethole (FD factor = 10) และจากการที่ไม่มีมีสารระเหยจากสมุนไพร และเครื่องเทศที่ให้กลิ่นหอมหวานอยู่เลย ทำให้กลิ่นโดยรวมของไวน์ข้าวที่เติมชะเอมเทศลงไปมีกลิ่นคล้ายชาเล็กน้อย

ไวน์ข้าวที่ใส่ดอกจันทน์เทศ ผู้ทดสอบจะได้กลิ่นสมุนไพรชัด แต่ไม่สามารถระบุได้ว่าเป็นกลิ่นของดอกจันทน์เทศ และจะได้กลิ่นสมุนไพรแรง เนื่องจากมีปริมาณสารระเหยให้กลิ่นพวก eugenol (OAV = 110) และ methyl eugenol (OAV = 17) ที่ให้ลักษณะกลิ่นกานพลู เผ็ดร้อน จึงกลบกลิ่นหอมหวานของ ethyl caprylate (OAV = 1-4), 1-octanol (OAV = 3-28), ethyl caprate (OAV = 127-1721) ,

ตารางที่ 13 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส ด้วยการบรรยายของไวน์ขาวทั้ง 9 ตัวอย่าง

ตัวอย่างไวน์	ผู้ทดสอบ	ลักษณะทางประสาทสัมผัส					
		กลิ่นแอลกอฮอล์	กลิ่นสมุนไพร	กลิ่นไม้	กลิ่นหอมหวาน	กลิ่นผลไม้	กลิ่นโดยรวม
ไวน์ขาว	1	น้อย	ไม่มี	ไม่มี	มีเล็กน้อย	มีเล็กน้อย	ชอบน้อย เพราะมีกลิ่นข้าว และเหม็นเปรี้ยว
	2	น้อย	มีกลิ่นซ่า จางมาก	จางมาก	มีเล็กน้อย	เป็นกลิ่นข้าวหมากที่หมักนาน	ไม่ชอบ ไม่มีกลิ่นสมุนไพร
	3	ไม่แรง	อ่อน เย็นจุก	ไม่มี	ได้กลิ่น	ไม่มี	ไม่ชอบ แหลมเกิน
	4	น้อย	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ชอบเล็กน้อย
	5	ดูน	ได้กลิ่นอ่อนเหมือนลูกจันทน์	จางมาก	มาก	ไม่มี	ชอบ เพราะมีกลิ่นหอมหวาน เท่าๆกับกลิ่นสมุนไพร

ตารางที่ 13 (ต่อ)

ตัวอย่างไวน์	ผู้ทดสอบ	ลักษณะทางประสาทสัมผัส					
		กลิ่นแอลกอฮอล์	กลิ่นสมุนไพร	กลิ่นไม้	กลิ่นหอมหวาน	กลิ่นผลไม้	กลิ่นโดยรวม
ไวน์ขาวที่ใส่กระดาษดำ	1	เล็กน้อย	เล็กน้อย	ไม่มี	เล็กน้อยถึงปานกลาง	เล็กน้อย	ชอบน้อย เพราะมีกลิ่นข้าวเหนียว และเหม็นเปรี้ยว
	2	แรงมาก	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	กลิ่นเหมือนหมักผลไม้ หรือข้าวหมาก	ไม่ชอบ เพราะไม่มีกลิ่นหอมหวาน และผลไม้
	3	เล็กน้อย	เย็น เหมือนชะเอมเทศ	เล็กน้อย	ไม่มี	มีกลิ่นเปรี้ยวคล้ายพืช	ไม่ชอบ เพราะกลิ่นแหลมเกินไป
	4	แรงมาก	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่ชอบ
	5	ไม่จุณ	น้อยมาก	ไม่มี	เล็กน้อย	กลิ่นเปรี้ยว	ไม่ชอบ เพราะได้กลิ่นเปรี้ยว

ตารางที่ 13 (ต่อ)

ตัวอย่างไวน์	ผู้ทดสอบ	ลักษณะทางประสาทสัมผัส					
		กลิ่นแอลกอฮอล์	กลิ่นสมุนไพร	กลิ่นไม้	กลิ่นหอมหวาน	กลิ่นผลไม้	กลิ่นโดยรวม
ไวน์ขาวที่ใส่ชะเอมเทศ	1	ปานกลาง	น้อย	มี เป็นกลิ่นชะเอมเทศ	เล็กน้อย	เล็กน้อย	กลิ่นอ่อน มีกลิ่นแป้ง
	2	ไม่ค่อยได้กลิ่น	เป็นกลิ่นสมุนไพรที่เป็นไม้	เป็นกลิ่นฝาด และเผื่อน แรง	เล็กน้อย	ไม่มี	ค่อนข้างดี แต่กลิ่นไม้แรงเกิน
	3	แรง คล้ายสาโท ที่เปิดไว้นาน	ไม่มี	ไม่มี	น้อยมาก	ไม่มี	คล้ายสาโท แต่ขาดความหอมหวาน
	4	ปานกลาง	เป็นกลิ่นชะเอมเทศ	มี น่าจะมาจากชะเอมเทศ	ไม่มี กลิ่นไม้กลบ	ไม่มี กลิ่นไม้กลบ	ไม่ชอบ
	5	จุนไม่มาก	ชัดเจน กลิ่นคล้ายชาจีน	กลิ่นฝาด คล้ายชะเอม	เล็กน้อย	เล็กน้อย	ไม่ค่อยชอบ เพราะกลิ่นสมุนไพรแรง

ตารางที่ 13 (ต่อ)

ตัวอย่างไวน์	ผู้ทดสอบ	ลักษณะทางประสาทสัมผัส					
		กลิ่นแอลกอฮอล์	กลิ่นสมุนไพร	กลิ่นไม้	กลิ่นหอมหวาน	กลิ่นผลไม้	กลิ่นโดยรวม
ไวน์ข้าวที่ใส่ดอกจันทน์เทศ	1	ปานกลาง	แรง กลิ่นคล้าย ชะเอม เทียน ข้าวเปลือก	น้อย	ปานกลาง	น้อย	ปานกลาง
	2	น้อยมาก	กลิ่นสมุนไพร ไม้ๆ	น้อยมาก	ไม่มี	คล้ายผลไม้หมัก เปรี้ยวๆ	ไม่ชอบ เพราะ กลิ่นเปรี้ยว ไม่ หอมหวาน
	3	จาง	แรงมาก คล้าย แกงอินเดีย	ไม่มี	จางมาก	ไม่มี	น่าจะมึกลิ่นหอม หวานเพิ่ม
	4	เล็กน้อย	มีกลิ่นกระชายดำ เทียนขาว	ไม่มี	เล็กน้อย	ไม่มี	ชอบเล็กน้อย
	5	จุนน้อย	แรง คล้าย พริกไทย	ฝาดเล็กน้อย	ไม่มี	ไม่มี	ไม่ชอบ เพราะได้ กลิ่นเผ็ด

ตารางที่ 13 (ต่อ)

ตัวอย่างไวน์	ผู้ทดสอบ	ลักษณะทางประสาทสัมผัส					
		กลิ่นแอลกอฮอล์	กลิ่นสมุนไพร	กลิ่นไม้	กลิ่นหอมหวาน	กลิ่นผลไม้	กลิ่นโดยรวม
ไวน์ขาวที่ใส่เทียนขาว	1	เล็กน้อย	เล็กน้อย	ไม่มี	เล็กน้อย	เล็กน้อย	ปานกลาง มีกลิ่นข้าวเล็กน้อยมีกลิ่นเปรี้ยว
	2	อ่อน	กลิ่นสมุนไพรแห้ง	อ่อน	มีกลิ่นหอมหวานอมเปรี้ยว	เล็กน้อย	ชอบเล็กน้อย เพราะกลิ่นแอลกอฮอล์ไม่ฉุนมีกลิ่นออกหวาน
	3	อ่อน	ไม่มี	ไม่มี	เล็กน้อย	ไม่มี	ดี คล้ายสาโท แต่หอมหวานน้อยไป
	4	เล็กน้อย	มาก เป็นกลิ่นเทียนขาว	ไม่มี	ปานกลาง	เล็กน้อย	ชอบปานกลาง
	5	เล็กน้อย	แรง เหมือนเทียนขาวเปลือก	ฝาดๆ ปานกลาง	เล็กน้อย	ไม่มี	ไม่ชอบ เพราะสมุนไพรชัดเจน

ตารางที่ 13 (ต่อ)

ตัวอย่างไวน์	ผู้ทดสอบ	ลักษณะทางประสาทสัมผัส					
		กลิ่นแอลกอฮอล์	กลิ่นสมุนไพร	กลิ่นไม้	กลิ่นหอมหวาน	กลิ่นผลไม้	กลิ่นโดยรวม
ไวน์ขาวที่ใส่ เทียนข้าวเปลือก	1	อ่อน	นุ่น	น้อย	ปานกลาง	น้อย	ชอบปานกลาง และมีกลิ่นข้าว เล็กน้อย
	2	ไม่ค่อยได้กลิ่น	ชัดมาก คล้ายใบ ยาสูบ	เล็กน้อย ไม่ฝาด	เล็กน้อย	ไม่ค่อยได้กลิ่น	ชอบเล็กน้อย
	3	เล็กน้อย	คล้ายเทียนขาว	ไม่มี	ไม่มี	กลิ่นคล้ายเปลือก ส้ม แต่ไม่แรง	หอม
	4	เล็กน้อย	ชัด	ไม่มี	เล็กน้อย	ไม่มี	ชอบเล็กน้อย
	5	นุ่นเล็กน้อย	แรง คล้ายเทียน ขาว	ฝาด แรงๆ	ปานกลาง	เล็กน้อย	ชอบเล็กน้อย

ตารางที่ 13 (ต่อ)

ตัวอย่างไวน์	ผู้ทดสอบ	ลักษณะทางประสาทสัมผัส					
		กลิ่นแอลกอฮอล์	กลิ่นสมุนไพร	กลิ่นไม้	กลิ่นหอมหวาน	กลิ่นผลไม้	กลิ่นโดยรวม
ไวน์ขาวที่ใส่ใบกระวาน	1	แรง	มาก	ไม่มี	มาก	มาก	ชอบปานกลาง มีกลิ่นข้าวเล็กน้อย
	2	แรง	ชัด	เล็กน้อย	เป็นกลิ่นอมเปรี้ยว	กลิ่นเหมือนผลไม้หมัก	ชอบเล็กน้อย เพราะมีกลิ่นสมุนไพร
	3	น้อยมาก	จาง	ไม่มี	ไม่มี	กลิ่นแหลม	ไม่ชอบ เพราะมีกลิ่นแหลมๆ
	4	น้อย	มีกลิ่นคล้ายกระชาย	เล็กน้อย	ไม่มี	ไม่มี	ไม่ชอบ
	5	จุน	ไม่มี	กลิ่นฝาดๆ	มาก	ไม่มี	ชอบ เพราะมีกลิ่นหอมหวาน

ตารางที่ 13 (ต่อ)

ตัวอย่างไวน์	ผู้ทดสอบ	ลักษณะทางประสาทสัมผัส					
		กลิ่นแอลกอฮอล์	กลิ่นสมุนไพร	กลิ่นไม้	กลิ่นหอมหวาน	กลิ่นผลไม้	กลิ่นโดยรวม
ไวน์ขาวที่ใส่พริกไทย	1	น้อย	น้อย	ไม่มี	เล็กน้อย	ปานกลาง	กลิ่นค่อนข้างดี แต่ยังมีกลิ่นข้าว
	2	ไม่แรง	ซ่า	ฝาดเล็กน้อย	มีมากกว่าไวน์ขาวที่ใส่กระชายดำ	น้อยมาก	ไม่ค่อยชอบ เพราะไม่หอมหวาน และมีกลิ่นฝาด
	3	อ่อน	ไม่มี	ไม่มี	เล็กน้อย	ไม่มี	กลิ่นดี คล้ายสาโท แต่กลิ่นหอมหวานน้อยไป
	4	ค่อนข้างแรง	ไม่มี	ไม่มี	มี	ไม่มี	ไม่ชอบ
	5	จุน	อ่อนๆ	ไม่มี	มาก	ได้กลิ่นสับปะรด	ชอบ กลิ่นหอมหวานชัดเจน

ตารางที่ 13 (ต่อ)

ตัวอย่างไวน์	ผู้ทดสอบ	ลักษณะทางประสาทสัมผัส					
		กลิ่นแอลกอฮอล์	กลิ่นสมุนไพร	กลิ่นไม้	กลิ่นหอมหวาน	กลิ่นผลไม้	กลิ่นโดยรวม
ไวน์ขาวที่ใส่ลูกกระวาน	1	ค่อนข้างแรง	เป็นกลิ่นพวกเทอร์ปีนอยด์	ไม่มี	น้อย	น้อย	ชอบปานกลาง กลิ่นสะอาดดี
	2	ไม่แรงมาก	ซ่าๆ	น้อย ออกฝาด	ไม่มี	เหมือนผลไม้หมัก ดอง	ไม่ชอบ เพราะไม่ หอมหวาน และมี กลิ่นเปรี้ยว
	3	น้อยมาก	กลิ่นดี	เล็กน้อย	ไม่มี	ไม่มี	ดี ไม่ฉุนสมุนไพร มาก น่าจะหอม หวานมากขึ้น
	4	เล็กน้อย	ชัด	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่ชอบ
	5	ฉุนปานกลาง	แรง คล้าย ลูกจันทน์เทศ	ฝาดๆ	เล็กน้อย	ได้กลิ่นคล้าย สับปะรดหมัก	ได้กลิ่นสมุนไพร เด่นกว่ากลิ่นหอม หวาน

1-decanol (OAV=11-15), (*E*)- β -caryophyllene (OAV = 6-8) และ δ -cadinene ซึ่งมีปริมาณสูงที่สุดเมื่อเทียบกับตัวอย่างไวน์ข้าวควบคุม และไวน์ข้าวที่ใส่สมุนไพรอื่น (ตารางที่ 9-10)

ส่วนไวน์ข้าวที่ใส่เทียนขาว ผู้ทดสอบจะได้กลิ่นสมุนไพรที่แรง จากการที่มีสารระเหย myrtenol (OAV = 57) และสารระเหยอื่นที่เพิ่มขึ้นมาจากตัวอย่างไวน์ข้าวควบคุม (ตารางที่ 9) ทำให้ไม่ค่อยได้กลิ่นหอมหวาน (ตารางที่ 13) สอดคล้องกับการดมด้วย GC-O ที่พบสารระเหยที่มีลักษณะกลิ่นไม้ เผ็ดร้อน; ขม ไม่มีกลิ่นที่มีลักษณะหอมหวานเพิ่มขึ้นมา

ไวน์ข้าวที่ใส่เทียนขาวเปลือกกลิ้นจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสจะคล้ายตัวอย่างไวน์ข้าวควบคุม แต่จะให้กลิ่นสมุนไพรชัดเจน แต่ไม่แรงเกินไป ซึ่งส่วนใหญ่ผู้ทดสอบจะระบุกลุ่มประเภทของสมุนไพรได้ ทำให้กลิ่นข้าวหมักน้อยลง และได้กลิ่นหอมหวาน ผลไม้ จากสารระเหย isoamyl acetate (OAV = 200) และ ethyl caprate (OAV = 49-698) รวมถึงเมื่อพิจารณาผลจากการดม GC-O พบสารระเหยที่มีกลิ่นสมุนไพร หอมหวานเพิ่มขึ้นมาอีก 4 ชนิด (ตารางที่ 12) ทำให้ผู้ทดสอบชอบลักษณะกลิ่นโดยรวม

ไวน์ข้าวที่ใส่ใบกระวานผู้ทดสอบได้กลิ่นสมุนไพรชัดเจน และได้กลิ่นหอมหวาน อาจเป็นเพราะสารระเหยในไวน์ข้าวที่ใส่ใบกระวาน พวกร 1,8-cineole (OAV = 42), α -terpineol (OAV = 3), nerol (OAV = 0), (*E*)-geraniol (OAV = 3) และ nerolidol ล้วนให้กลิ่นที่มีลักษณะหอมหวาน สมุนไพร ทำให้ผู้ทดสอบชอบลักษณะกลิ่นโดยรวมมากขึ้นกว่าตัวอย่างไวน์ข้าวควบคุม

ไวน์ข้าวที่ใส่พริกไทย โดยรวมผู้ทดสอบจะได้กลิ่นสมุนไพรที่ลักษณะซ่า ไม่แรง เนื่องจากสารระเหยในไวน์ข้าวที่ใส่พริกไทยที่เพิ่มขึ้นมาได้แก่ α -terpineol (OAV = 5), α -phellandrene (OAV = 1) และ α -terpinolene (OAV = 1) เป็นสารระเหยที่มีลักษณะกลิ่นหอมหวาน สมุนไพร รวมถึงค่า OAV ไม่สูงมากจนทำให้ฉุน รวมถึงการที่มีปริมาณ 1-octanol (OAV = 31) ที่ให้กลิ่นดอกกุหลาบ หอมหวาน สมุนไพร สูงกว่าตัวอย่างไวน์ข้าวอื่นๆ สำหรับไวน์ข้าวที่ใส่ลูกกระวานโดยกลิ่นสารระเหยในลูกกระวาน ได้แก่ myrtenol (OAV = 471) ที่ให้กลิ่นสมุนไพร ไม้; การบูร ทำให้ผู้ทดสอบได้กลิ่นสมุนไพรชัดเจนจึงกลบกลิ่นหอมหวาน และกลิ่นผลไม้ในไวน์ไป แต่ผู้ทดสอบบางคนจะชอบกลิ่นของสารระเหยในลูกกระวานที่เพิ่มขึ้นในไวน์ข้าวจึงชอบลักษณะกลิ่นโดยรวม

โดยสรุปจากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าสารระเหยที่ได้จากสมุนไพร ทำให้กลิ่นโดยรวมของไวน์ข้าวเปลี่ยนไป โดยไวน์ข้าวที่ใส่เทียนข้าวเปลือก ใบกระวาน และพริกไทย มีกลิ่นโดยรวมที่ผู้ทดสอบได้กลิ่นหอมหวาน และสมุนไพรที่ดีกว่าตัวอย่างไวน์ข้าวอื่นๆ ทำให้ชอบมากกว่า

สรุป

1. สารระเหยในสมุนไพร และเครื่องเทศ ส่วนใหญ่เป็นสารประกอบเทอร์พีน (monoterpene) โดยสารระเหยที่มีมากที่สุดในกระชายดำ ชะเอมเทศ ดอกจันทน์เทศ เทียนขาว เทียนขาวเปลือก ใบกระวาน พริกไทย และ ลูกกระวาน ได้แก่ β -pinene, β -pinene, sabinene, *p*-cymene, (*E*)-anethole, *l*-linalool, (*E*)- β -caryophyllene และ β -pinene ตามลำดับ

2. สารระเหยในไวน์ข้าวมีทั้งหมด 41 ชนิด โดย isoamyl alcohol (228-1366) มีค่า OAV มากที่สุด รองลงมา ได้แก่ ethyl caprate (38-535) และ benzeneethanol (127-186) ตามลำดับ และ ethanol (2), acetaldehyde (3-36), acetaldehyde diethyl acetal (2-30), isobutyl alcohol (1-39), isoamyl acetate (100), 2-ethyl, 1-hexanol (0-1), 1-octanol (2-17), decanal (40-800), octyl acetate (8), 1-decanol (3-4), dihydro-5-pentyl-2(3H)-furanone (2-23), (*E*)- β -caryophyllene (1-2), ethyl laurate (2), ethyl tetradecanoate (1), ethyl hexadecanoate (10) และ citronellol (2-3) เป็นสารระเหยที่มีค่า OAV มากกว่า 1

3. การใส่กระชายดำ ชะเอมเทศ ดอกจันทน์เทศ เทียนขาว เทียนขาวเปลือก ใบกระวาน พริกไทย และ ลูกกระวานในไวน์ข้าวไม่มีผลต่อสารระเหยทั้ง 41 ชนิดในไวน์ข้าวอย่างมีนัยสำคัญ

4. สารระเหยที่มีอยู่ในสมุนไพร ทำให้สารระเหยในไวน์ข้าวที่ใส่สมุนไพร และ เครื่องเทศ มีสารระเหยเพิ่มขึ้น โดยส่วนใหญ่เป็นสารเทอร์พีน โดยสารระเหยที่เพิ่มขึ้นมีค่า OAV มากกว่า 1 ทำให้ลักษณะ กลิ่นของตัวอย่างไวน์ข้าวที่ใส่สมุนไพรเพิ่ม แตกต่างจากตัวอย่างไวน์ข้าวควบคุม

5. จากการทำ AEDA พบว่าสารระเหยที่มีค่า FD factor สูงที่สุด (10) คือ 2-ethyl-1-hexanol (หวานๆ ผลไม้) และ benzeneethanol (หวาน) รองลงมาคือ isoamyl alcohol (ผลไม้ หอมหวาน), 1-octanol (หวาน ไวน์), diethyl butanedioic acid, diethyl ester (หวานอมเปรี้ยว ผลไม้ ไวน์) , decanal (หวานอมเปรี้ยว ;ขม) และ ethyl 3-hydroxyoctanoate (หอมหวาน) ซึ่งมีค่า FD factor = 5 และมี isobutyl alcohol (หวาน ชุ่ม ผลไม้) และ (*E*)- β -caryophyllene (ไวน์ แอลกอฮอล์ เย็น; ขม) มีค่า FD

factor = 2.5 และ ethyl caprylate (ดอกไม้ หอมหวาน ไม้; ขม) มีค่า FD factor = 1.25 สำหรับสารระเหยที่มีค่า FD factor = 1 คือ ไดกลิ่นเมื่อไม่มีการเจือจาง ได้แก่ octyl acetate (ดอกไม้ ไม้ ไม้ เฟิร์ร่อน), 1-decanol (ไม้ ไม้ แอลกอฮอล์; ขม) และ ethyl laurate (เอียน หวาน) (ตารางที่ 12)

6. สำหรับผล AEDA ของไม้ขาวที่ใส่กระชายดำ ชะเอมเทศ ดอกจันทน์เทศ เทียนขาว เทียนขาวเปลือก ใบกระวาน พริกไทย และ ลูกกระวาน พบว่าทำให้ค่า FD factor ของสารระเหยในไม้ขาวเปลี่ยนไป และมีสารระเหยที่หักกลืนสำคัญ เพิ่มขึ้น ได้แก่ สารระเหยที่เพิ่มขึ้นในไม้ขาวที่ใส่กระชายดำ คือ สารระเหย δ -elemene (FD factor = 1.0) ซึ่งไดกลิ่น ไม้ เฟิร์ร่อน; ขม และสารระเหย β -bisabolene มีลักษณะกลิ่น คือหวาน เย็น ไม้; ขม (FD factor = 1.25) ไม้ขาวที่ใส่ชะเอมเทศ พบสารระเหย δ -elemene (FD factor = 2.5) และ (*E*)-anethole (FD factor = 10) มีลักษณะกลิ่นสมุนไพร ไม้ขาวที่ใส่ดอกจันทน์เทศพบสารระเหย (*E*)- α -carveol (FD factor = 2.5) ที่มีลักษณะกลิ่นหวาน เขียว ไม้ขาวที่ใส่เทียนขาวพบสารระเหย *l*-linalool (FD factor = 1.25) และ δ -elemene (FD factor = 1.25) ไม้ขาวที่ใส่เทียนขาวเปลือก พบสารระเหย α -thujene (กลิ่นฉุน เฟิร์ร่อน), (*E*)- α -carveol, สารระเหยที่ไม่สามารถระบุชนิดได้ที่มีค่า RI = 1508 (กลิ่นหวาน เย็น) และ β -bisabolene (กลิ่นหวาน เย็น ไม้; ขม) ซึ่งมีค่า FD factor = 1.0 1.0 1.25 และ 2.5 ตามลำดับ สำหรับไม้ขาวที่ใส่ใบกระวานพบสารระเหยที่ไม่สามารถระบุชนิดได้ RI = 1682 (FD factor = 1.25) ลักษณะกลิ่นที่คมได้คือฝาด สมุนไพร และพบสารระเหย δ -elemene (FD factor = 1.25) ไม้ขาวที่ใส่พริกไทยพบสารระเหย β -bisabolene (FD factor = 2.5) และไม้ขาวที่ใส่ลูกกระวานพบสารระเหย (*E*)-anethole ค่า FD factor = 1.0 และ สารระเหย β -bisabolene (FD factor = 1.25)

7. จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยการบรรยายลักษณะกลิ่นของไม้ขาว และไม้ขาวที่ใส่กระชายดำ ชะเอมเทศ ดอกจันทน์เทศ เทียนขาว เทียนขาวเปลือก ใบกระวาน พริกไทย และ ลูกกระวาน สรุปได้ว่าโดยรวมสมุนไพรทำให้กลิ่นของตัวอย่างไม้ขาวเปลี่ยนไป และสามารถกลบกลิ่นหมักในไม้ขาวได้ โดยเทียนขาวเปลือก ใบกระวาน และพริกไทย ทำให้ลักษณะกลิ่นโดยรวมของไม้ขาวดีขึ้น

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

จำรัส เซ็นนิล และ มนต์รี ตรีชาวี. 2547ก. กระจายดำ สมุนไพรมหัศจรรย์. เคพีเอ็ม มีเดียสยาม, กรุงเทพฯ

_____. 2547ข. กระจายดำ สมุนไพรมหัศจรรย์ เล่ม ๒. เคพีเอ็ม มีเดียสยาม, กรุงเทพฯ

ชัยวัฒน์ จาติเสถียร. 2520. การคัดเลือกสายพันธุ์เชื้อราและยีสต์ในลูกแป้งสำหรับการหมักข้าวหมาก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ

นันทวัน บุญยะประภัศร และ อรุณช โศกชัยเจริญพร. 2539. สมุนไพรไม้พื้นบ้าน. บริษัท ประชาชน จำกัด, กรุงเทพฯ

ประดิษฐ์ ครูวัฒนา. 2545. ไวน์ : ศาสตร์และศิลป์. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

พุทธรินทร์ วรรณิสสร. 2527. ผลของเครื่องเทศต่อชนิดของจุลินทรีย์ในลูกแป้งข้าวหมาก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ

ไพโรจน์ วิริยจารี และ อรุณ หันพงศ์กิตติกุล. 2534. ปฏิบัติการอุตสาหกรรมการหมัก. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่

รุ่งรัตน์ เหลืองนทีเทพ. 2540. พืชเครื่องเทศและสมุนไพร. โอ.เอส.พรีนติ้ง เฮาส์. กรุงเทพฯ

มนตรี เขาวังเกต. 2521. การคัดเลือกสายพันธุ์ยีสต์และราเพื่อใช้ผลิตไวน์ข้าว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ

สมพร ลินธรา. 2544. การแยก การจัดจำแนก และการเก็บรักษาอีสต์และราที่แยกได้จากลูกแป้งข้าวหมากและลูกแป้งเหล้าในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ

สุพจน์ คิลานเกสซ์. 2543. สมุนไพรเครื่องเทศและพืชปรุงแต่งกลิ่นรส. สำนักพิมพ์ประพันธ์สาส์น จำกัด, กรุงเทพฯ

Abbott, N., P.I. Etievant, S. Issanchou and D. Langlois. 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.

Arikawa, Y., M. Yamada, M. Shimosaka, M. Okazaki and M. Fukuzawa. 2000. Isolation of sake yeast mutants producing a high level of ethyl caproate/or isoamyl acetate. **J. Biosci. and Bioeng.** 90(6): 675-677.

Asano, T., M. Kawadu, N. Kurose, S. Tarumi and S. Kawakita. 2000. Effect of the *FAA1* gene disruption of Sake yeast on the accumulation of ethyl caproate in Sake mash. **J. Biosci. and Bioeng.** 89(6): 609-611.

Bauer, K., D. Garbe and H. Surburg. 1997. **Common Fragrance and Flavor Materials**. Wiley-VCH, NewYork.

Behera, S., S. Nagarajan and L. Jagan Mohan Rao. 2004. Microwave heating and conventional roasting of cumin seeds (*Cuminum cyminum* L.) and effect on chemical composition of volatiles. **Food Chem.** 87: 25-29.

Boelens Aroma Chemical Information Service. 1999. **ESO 00 Database of Essentials Oils**.

- Boulton, R.B., L. Singleton, F. Bisson and E. Kunkee. 1996. **Principles and Practices of Winemaking**. Chapman & Hall, New York.
- Boyce, M.C. and E.E. Spickett. 2002. Solid-phase microextraction in food analysis-with particular reference to wine. **Food Australia** 54(8):350-356.
- Bullard, R.W. and G. Holguin. 1977. Volatile components of unprocessed rice. **J. Agric. Food Chem.** 25(1): 99-103.
- Buttery, R.G., R.M. Seifert, D.G. Guadagni, D.R. Black and L.C. Ling. 1968. Characterization of some volatile constituents of carrots. **J. Agric. Food Chem.** 16(6): 1009-1015.
- _____, J.O. William, G.R. Takeoka and Y. Nam. 1999. Volatile flavor components of rice cakes. **J. Agric. Food Chem.** 47: 4353-4356
- Chung, H.Y., I.K. Shing Yung and J.S. Kim. 2001. Comparison of volatile components in dried scallops(*Chlamys farreri* and *Patinoplectin yessoensis*) prepared by boiling and steaming methods. **J. Agric. Food Chem.** 49: 192-202.
- Clarke, R.J. and J. Bakker. 2004. **Wine Flavour Chemistry**. Blackwell Publishing Ltd., New York.
- Dadalioglu, I. and G.A. Evrendilek. 2004. Chemical compositions and antibacterial effects of essential oils of Turkish Oregano (*Origanum minutiflorum*), Bay Laurel (*Laurus nobilis*), Spanish Lavender (*Lavandula stoechas* L.), and Fennel (*Foeniculum vulgare*) on common foodborne pathogens. **J. Agric. Food Chem.** 52: 8255-8260.

- Davis, D.V. and R.G. Cooks. 1982. Direct characterization of nutmeg constituents by mass spectrometry-mass spectrometry. **J. Agric. Food Chem.** 30: 495-504.
- Debrauwere, J. and M. Verzele. 1976. Constituents of pepper: IV. The hydrocarbons of pepper essential oil. **J. Chromatog. Sci.** 14: 296-298.
- Demyttenaere, C.R., C. Dagher, P. Sandra, S. Kallithraka, R. Verhe and N. Kimpe. 2003. Flavour analysis of greek white wine by solid-phase microextraction-capillary gas chromatography- mass spectrometry. **J. Chromatogr. A** 985: 233-246.
- Dung, N.T.P., F.M. Rombouts and M.J.R. Nout. 2005. Development of defined mixed-culture fungal fermentation starter granulate for controlled production of rice wine. **Innovative Food Sci. and Emerging Technol.** 6: 429-441.
- Etievant, P. 1991. Wine, p. 486-546. In H. Maarse, ed. **Volatile compounds in food and beverages**. TNO-CIVO Food Analysis Institute, Zeist.
- Falque, F., E. Fernandez and D. Dubourdieu. 2001. Differentiation of white wines by their aromatic index. **Talanta.** 54: 271-281.
- Frank, K., L.P. Christensen and M. Edelenbos. 2003. Changes in volatile compounds of carrots (*Daucus carota* L.) during refrigerated and frozen storage. **J. Agric. Food Chem.** 51: 5400-5407.
- Frattoni, C., C. Bicchì, C. Barettoni and G.M. Nano. 1977. Volatile flavor components of Licorice. **J. Agric. Food Chem.** 25(6): 1238-1241.

- 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. and M.J. Manzanos. 1996. A study of several parts of plant *Foeniculum vulgare* as a source of compounds with industrial interest. **Food Res. Inter.** 29(1): 85-88.
- Harmon, D. 2002. Solid-phase microextraction for the analysis of aromas and flavors, pp.75-106 In R. Marsili, ed. **Flavor, Fragrance and Odor Analysis.** Marcel Dekker, Inc., New York.
- Health, H.B. 1981. **Source Book of Flavors.** The AVI publishing Co., Inc., Connecticut.
- Hayasaka Y. and J. Bartowsky. 1999. Analysis of diacetyl in wine using solid-phase microextraction combined with gas chromatography-mass spectrometry. **J. Agric. Food Chem.** 47(10):612-617.
- Hirooka, K., Y. Yamamoto, N. Tsutsui and T. Tanaka. 2005. Improved production of isoamyl acetate by a sake yeast mutant resistant to an isoprenoid analog and its dependence on alcohol acetyltransferase activity, but not on isoamyl alcohol production. **J. Biosci. and Bioeng.** 99(2): 125-129.
- Inoue, Y., K. Fukuda, Y. Wakai, T. Sudsai and A. Kimura. 1994. Ester formation by yeast *Hansenula mrakii* IFO 0895: Contribution of esterase for *iso*-amyl acetate production in sake brewing. **Lebensm. Wiss. u. Technol.** 27: 189-193.
- Isogai, A., H. Utsunomiya, R. Kanda, and H. Iwata. 2005. Changes in the aroma compounds of sake during aging. **J. Agric. Food Chem.** 53:4118-4123.
- Jackson, S. 2000. **Wine Science.** 2nded. Academic Press, San Diego.

- Jirovetz, L., G. Buchbauer, M.B. Ngassoum and M. Geissler. 2002. Aroma compound analysis of *Piper nigrum* and *Piper guineense* essential oils from Cameroon using solid-phase microextraction-gas chromatography, solid-phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry and olfactometry. **J. Chromatogr. A.** 976: 265-275
- Leffingwell, J.C. 2004. **Flavor-Base'2004**. Flavor-Base Database, Version Date July 01, 2004.
- Mateo, J.J., M. Jimenez, A. Pastor and T. Huerta. 2001. Yeast starter cultures affecting wine fermentation and volatiles. **Food Res. Inter.** 34: 307-314.
- Mestres, M., Busto, O. and Guasch, J. 1998. Headspace solid-phase microextraction analysis of volatile sulphides and disulphides in wine aroma. **J. Chromatogr. A.** 808: 211-218.
- Mordy A.A. 2001. Fennel swollen base yield and quality as affected by variety and source of nitrogen fertilizer. **Scientia Horticulturae.** 88: 191-202.
- Mukai, N., C. Nishimori, I.W. Fujishige, A. Mizuno, T. Takahashi and K. Sato. 2001. Beer brewing using a fusant between a sake yeast and a brewer's yeast. **J. Biosci. and Bioeng.** 91(5): 482-486.
- Nunokawa, Y. 1972. Sake, pp. 449-487. In D.F. Houston, ed. **Rice Chemistry and Technology**. American Association of Cereal Chemists Inc., St. Paul, Minnesota, USA.
- Pripis-Nicolau, L., Gilles de Revel, A. Bertrand and A. Maujean. 2000. Formation of flavor Components by the reaction of amino acid and carbonyl compounds in mild conditions. **J. Agric. Food Chem.** 48(9): 3762-3766.

Purseglove, J.W., E.G. Brown, C.L. Green and S.R.J. Robbins. 1981. **Spices**: Volume II. Longman, London.

Rapp, A. 1988. Wine aroma substances from gas chromatographic analysis, pp. 29-65. *In* Liskens, H.F. and J.F. Jackson, eds. **Wine Analysis**. Springer Verlag, Berlin, Germany.

Reineccius, G. 1994. **Source Book of Flavors**. 2nd ed. Chapman & Hall, NewYork.

Rodriguez-Bencomo, J., E. Conde, Garcia-Montelongo and P. Perez-Trujillo. 2003. Determination of major compounds in sweet wines by headspace solid-phase microextraction and gas chromatography. **J. Chromatogr. A** 991:13-22.

Rogerson, F.S.S, H. Castro, N. Fortunato, Z. Azevedo, A. Macedo, V.A.P. de Freitas. 2001. Chemicals with sweet aroma descriptors found in Portuguese wines from the Douro region: 2,6,6-trimethylcyclohex-2-ene-1,4-dione and diacetyl. **J. Agric. Food Chem.** 49(1): 263-269.

Romano, P., L. Granchi, M. Caruso, G. Borra, G. Palla, C. Fiore, D. Ganucci, A. Caligiani, and V. Brandolini. 2003. The species-specific ratios of 2,3-butanediol and acetoin isomer as a tool to evaluate wine yeast performance. **Inter. J. Food Microbiol.** 86: 163-168.

Ruth, S.M. 2001. Methods for gas chromatography – olfactometry: a review. **Biomolecular Engineering** 17(4 - 5): 121-128.

Rychlik, M., P. Schieberle, and W. Grosch. 1998. **Compilation of Odor Thresholds, Odor Qualities and Retention Indices of Key Food Odorants**. Deutsche Forschungsanstalt für

Lebensmittelchemie and Institut für Lebensmittelchemie der Technischen Universität München, Garching, Germany.

Simpson, R.F. 1979. Some important aroma components of white wine. **Food Technol. Aust.** 31: 516-521.

Ubeda Iranso, J.F., F. Gonzalez Magana and M.A., Gonzalez Vinaz. 1999. Evaluation of the formation of volatiles and sensory characteristics in the industrial production of white wines using different commercial strains of the genus *Sacharomyces*. **Food Control.** 11:143-147.

Van den Dool, H. and P.D. Kratz. 1963. A generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas-liquid partition chromatography. **J. Chromatogr.** 11: 463-471.

Varo, P.T. and D.E. Heinz. 1970. Volatile componenets of cumin seed oil. **Agric. Food Chem.** 18: 234-238.

Yoshizawa, K. 1999. Sake : Production and flavor. **Food Rev. Int.** 15(1): 83-107.

Zea, L., L. Moyano, J. Moreno, B. Cortes and M. Medina. 2001. Discrimination of the aroma fraction of sherry wines obtained by oxidative and biological ageing. **Food Chem.** 75: 79-84.

Zierler, B., B. Siegmund and W. Pfannhauser. 2004. Determination of off-flavour compounds in apple juice caused by microorganisms using headspace solid phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry. **Analytica Chimica Acta.** 520: 3-11.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์ทางเคมี

1. การวิเคราะห์ความชื้นในสมุนไพรและเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ในไวน์ข้าวแต่ละชนิด

ตารางผนวกที่ ก1 ปริมาณความชื้นในเครื่องเทศและสมุนไพร

ตัวอย่าง	ความชื้น (%) ^a
กระชายดำ	70.99 $\pm$ 7.97
ชะเอมเทศ	9.80 $\pm$ 0.79
ดอกจันทน์เทศ	4.86 $\pm$ 0.31
เทียนขาว	8.98 $\pm$ 0.43
เทียนข้าวเปลือก	8.71 $\pm$ 0.39
ใบกระวาน	8.86 $\pm$ 1.98
พริกไทยสด	68.28 $\pm$ 1.98
ลูกกระวาน	9.70 $\pm$ 0.52

หมายเหตุ ^a ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เมื่อ n = 9 (ทำ 3 ซ้ำ แต่ละซ้ำวัดค่า 3 ครั้ง)

ตารางผนวกที่ ก2 เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ในไวน์ข้าวแต่ละชนิด

ตัวอย่าง	แอลกอฮอล์ (%) ^a
ไวน์ข้าว	5.77 ± 1.35
ไวน์ข้าวใส่กระชายดำ	5.84 ± 0.68
ไวน์ข้าวใส่ชะเอมเทศ	5.11 ± 1.04
ไวน์ข้าวใส่ดอกจันทน์เทศ	4.97 ± 0.88
ไวน์ข้าวใส่เทียนขาว	5.44 ± 0.79
ไวน์ข้าวใส่เทียนข้าวเปลือก	5.21 ± 0.65
ไวน์ข้าวใส่ใบกระวาน	5.73 ± 1.43
ไวน์ข้าวใส่พริกไทย	5.39 ± 1.32
ไวน์ข้าวใส่ลูกกระวาน	4.97 ± 1.01

หมายเหตุ ^a ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เมื่อ n = 6 (ทำ 3 ซ้ำ แต่ละซ้ำวัดค่า 2 ครั้ง)

2. การคำนวณค่า Retention Index (RI)

$$RI = 100 N + 100 n \frac{t_{Ra} - t_{RN}}{t_{R(N+n)} - t_{RN}}$$

เมื่อ N = จำนวนอะตอมของคาร์บอนในสารมาตรฐานอัลเคนที่มีคาร์บอนน้อยกว่าตัวอย่าง

n = ความแตกต่างระหว่างจำนวนอะตอมของคาร์บอนในสารมาตรฐานอัลเคน 2 ตัว ที่ค่า retention time (RT) ของตัวอย่างอยู่ระหว่างกลาง

t_{Ra} = RT ของตัวอย่างสารระเหยที่ต้องการวิเคราะห์ค่า RI

t_{RN} = RT ของสารมาตรฐานอัลเคนที่มีคาร์บอนน้อยกว่าตัวอย่าง

$t_{R(N+n)}$ = RT ของสารมาตรฐานอัลเคนที่มีคาร์บอนมากกว่าตัวอย่าง

3. การคำนวณความเข้มข้นสัมพัทธ์ของสารระเหย

$$C_s = \frac{C_i \times A_s \times V_i \times r}{A_i \times W_s}$$

เมื่อ C_s = ความเข้มข้นสัมพัทธ์ของตัวอย่าง ไมโครกรัม / มิลลิลิตร ตัวอย่าง หรือ ppm)

C_i = ความเข้มข้นของ internal standard (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร)

A_s = พื้นที่ใต้พีคของตัวอย่าง

A_i = พื้นที่ใต้พีคของ internal standard

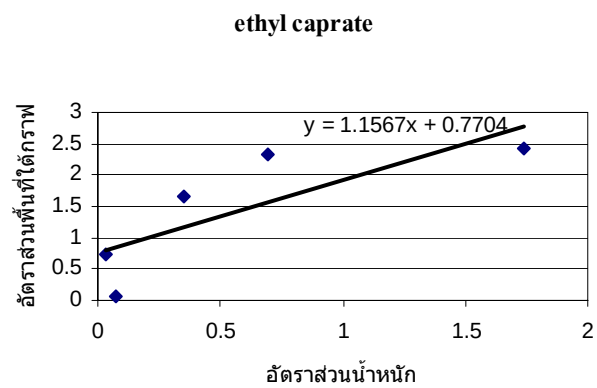
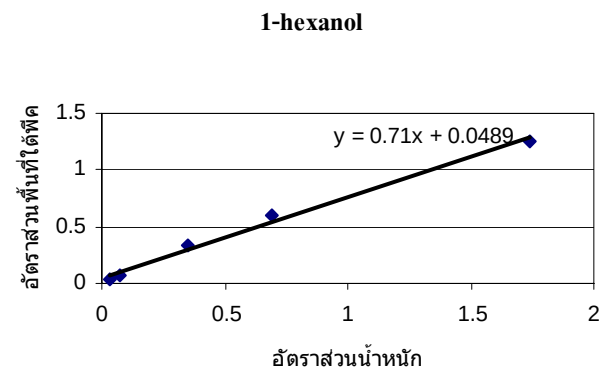
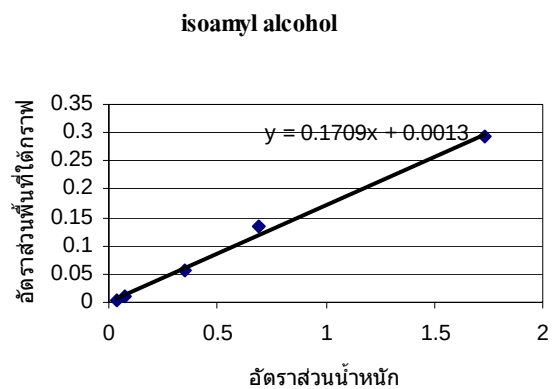
V_i = ปริมาตรของ internal standard ที่ใช้ (ไมโครลิตร)

W_s = ปริมาตรของตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์ (มิลลิลิตร)

r = response factor ของสารระเหยที่คำนวณจากกราฟมาตรฐานนั้นๆ โดย r ของ isoamyl alcohol, 1-hexanol, ethyl caprylate, ethyl caprate และ (E)- β -caryophyllene เท่ากับ 5.80, 1.40, 0.11, 0.86 และ 1.30 ตามลำดับ และกำหนดให้ ของสารระเหยอื่นๆ เท่ากับ 1.0

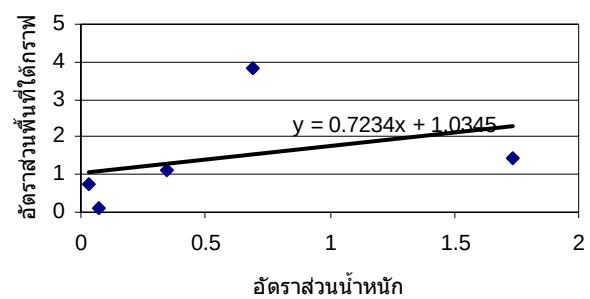
4. การทำกราฟมาตรฐานของสารระเหยมาตรฐาน

เตรียมสารระเหยของสารระเหยมาตรฐาน isoamyl alcohol, 1-hexanol, ethyl caprylate, ethyl caprate และ (E)- β -caryophyllene ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆกัน โดยเติมสารละลายผสมของสารระเหยมาตรฐาน (ความเข้มข้นอย่างละ 2 มิลลิกรัม/มิลลิลิตรในเอทานอล) 1, 5, 10, 20 และ 30 ไมโครลิตร ตามลำดับ ลงในขวดเฮดสเปส ที่มีสารละลายของ internal standard (ความเข้มข้น 2.88 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ในสารละลายแอลกอฮอล์ 5% V/V) 5 มิลลิลิตร แล้ววิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-MS เพื่อหาพื้นที่ใต้พีคของสารระเหยมาตรฐานแต่ละชนิดกับ internal standard คำนวณอัตราส่วนของพื้นที่ใต้พีคและน้ำหนักของสารระเหยมาตรฐานต่อ internal standard ที่แต่ละระดับการเจือจาง แล้วสร้างกราฟมาตรฐาน ดังภาพผนวกที่ 1 เพื่อหาค่าความชัน แล้วคำนวณเป็น response factor (1/ ความชันจากกราฟมาตรฐาน)

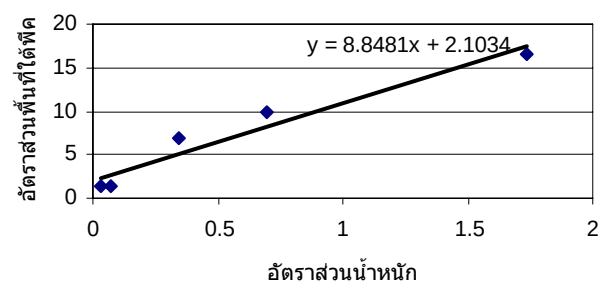


ภาพผนวกที่ ๑1 กราฟมาตรฐานของสารระเหยมาตรฐาน

(E)- β - caryophyllene



ethyl caprylate



ภาพผนวกที่ ก1 (ต่อ)

5. ผลการทดลองหาสภาวะที่ใช้ในการสกัดไว้น้ำด้วย SPME

ตารางผนวกที่ ก3 ผลของอุณหภูมิ (25°C, 37°C) ต่อการสกัด เมื่อใช้เวลาในการสกัด 30 นาที และใช้ไฟเบอร์ Stableflex polydimethylsiloxane/ divinylbenzene (PDMS/DVB) ขนาด 65 µm

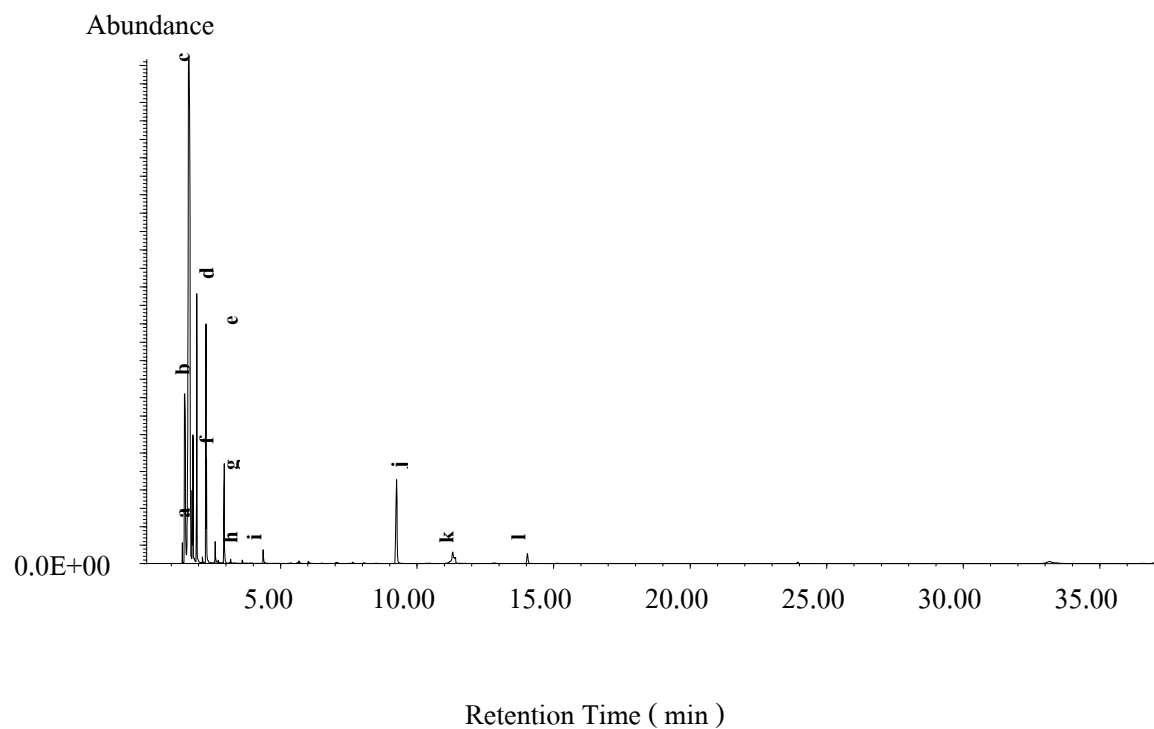
สารประกอบ	พื้นที่พีค	
	25°C	37°C
Alcohols	2,251,987,590	2,487,085,127
Esters	390,165,791	671,945,693
Miscellaneous	153,802,548	219,791,485
Sum	2,795,955,929	3,378,822,306

ตารางผนวกที่ ก4 ผลของเวลาในการสกัด (30, 60 และ 90 นาที) ต่อการสกัด เมื่อใช้อุณหภูมิในการสกัด 25°C และใช้ไฟเบอร์ Stableflex polydimethylsiloxane/ divinylbenzene (PDMS /DVB) ขนาด 65 µm

สารประกอบ	พื้นที่พีค		
	30 นาที	60 นาที	90 นาที
Alcohols	1,680,414,667	2,251,987,590	2,514,509,120
Esters	251,323,651	390,165,791	474,811,692
Miscellaneous	158,296,425	153,802,548	205,535,748
Sum	2,090,034,744	2,795,955,929	3,194,856,559

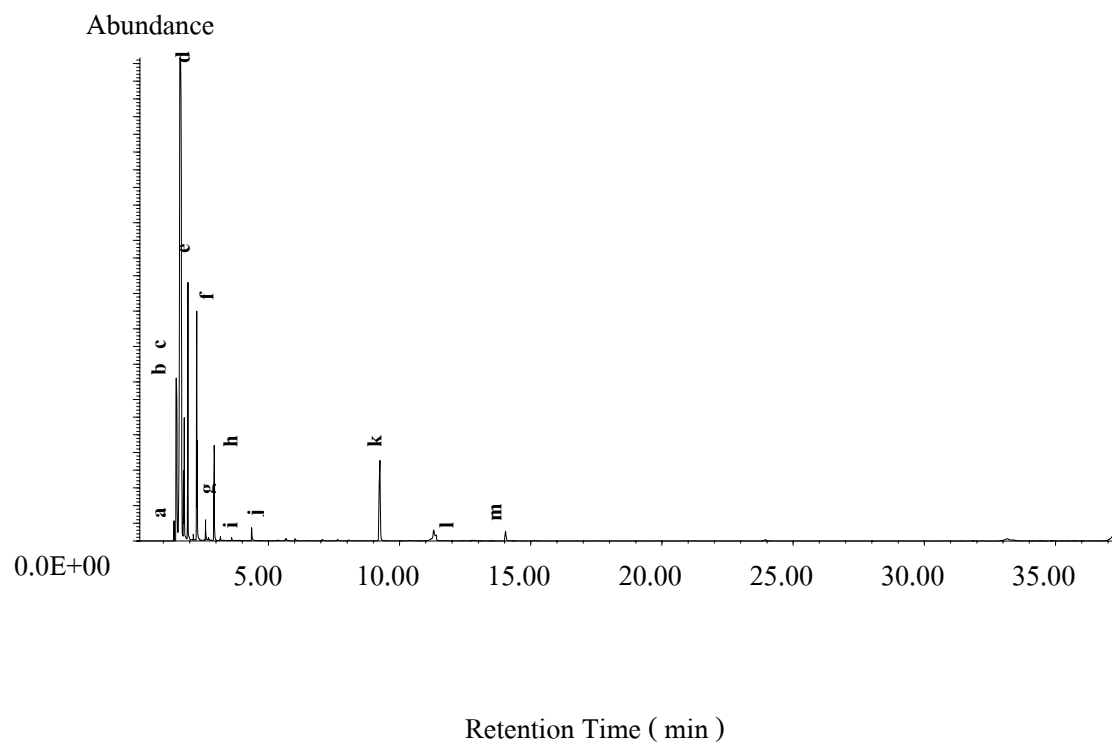
ตารางผนวกที่ ก5 ผลของชนิดไฟเบอร์ต่อการสกัด (PDMS/DVB, DVB/CAR/PDMS, PDMS) เมื่อใช้
เวลาในการสกัด 60 นาที และใช้อุณหภูมิ 25°C

สารประกอบ	พื้นที่ฟีด		
	PDMS/DVB	DVB/CAR/PDMS	PDMS
Alcohols	2,487,085,127	2,559,728,360	1,470,138,490
Esters	671,945,693	558,601,294	708,160,118
Miscellaneous	219,791,485	162,634,926	116,386,006
Sum	3,378,822,306	3,280,964,581	2,294,684,615



ภาพผนวกที่ ๒ โครมาโทแกรมของไวน์ข้าวที่สกัดด้วยวิธี liquid-liquid extraction ใช้ตัวทำละลาย dichlorometane แยกด้วยคอลัมน์ HP-5

หมายเหตุ หมายเลข a= acetaldehyde, b=ethanol, c=dichlorometane, d=isobutyl alcohol, e=isoamyl alcohol, f=2,3-butanediol, g=propanoic acid, 2-hydroxy-, ethyl ester, h=1-hexanol, i=2(3)H-furanone,dihydro-, j=benzeneethanol, k=butanedioic acid, diethyl ester, l=butanedioic acid, hydroxy-, diethyl ester



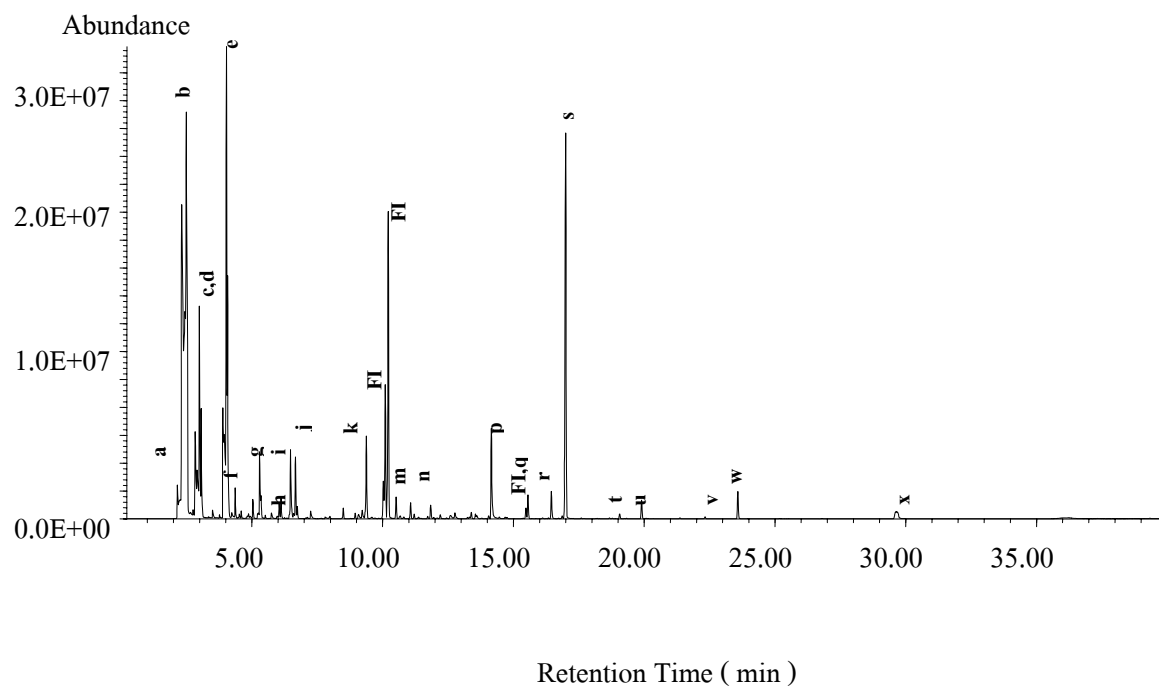
ภาพผนวกที่ ๓ โครมาโทแกรมของไวน์ข้าวที่สกัดด้วยวิธี solvent extraction ใช้ตัวทำละลาย dichloromethane : pentane (4:6) แยกด้วยคอลัมน์

HP-5

หมายเหตุ หมายเลข a=acetaldehyde, b= ethanol, c=pentane, d=dichlorometane, e=isobutyl alcohol, f=isoamyl alcohol, g=2,3-butanediol,

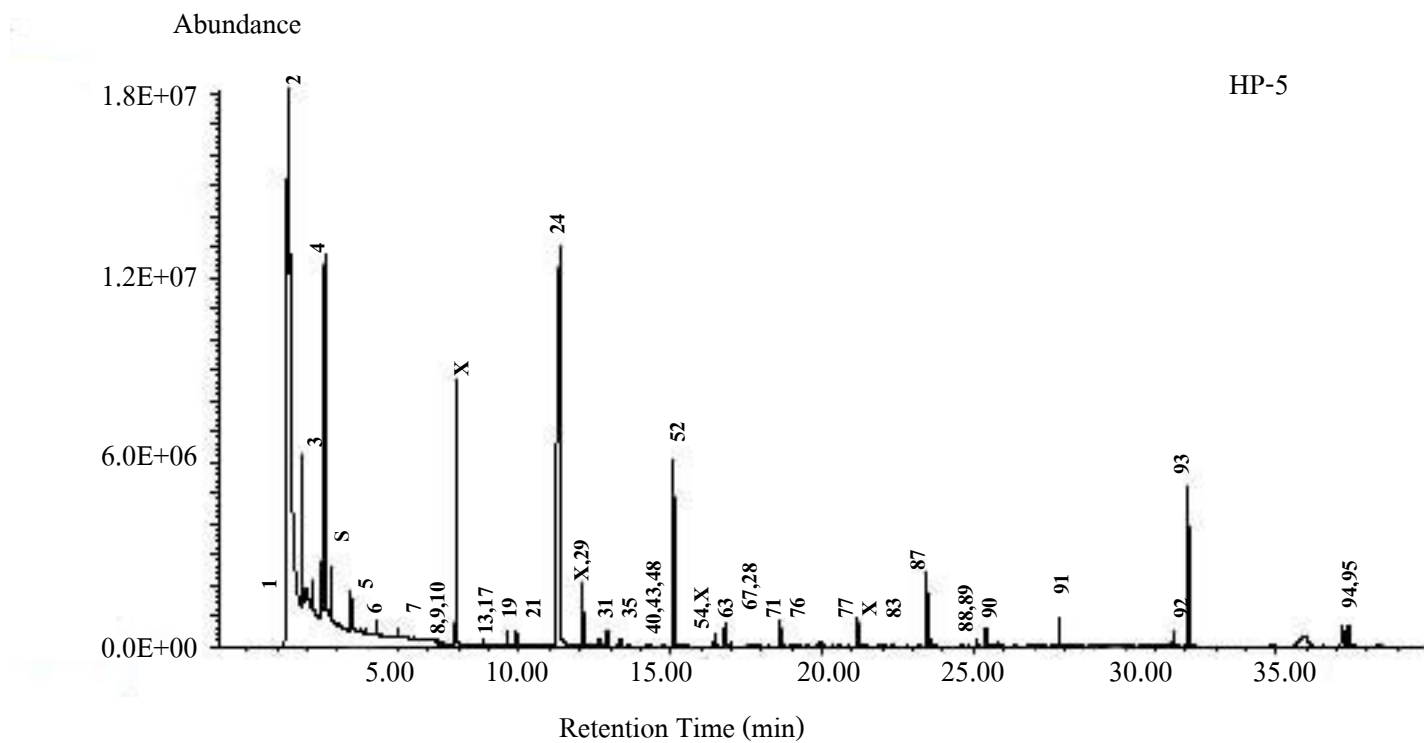
h=propanoic acid, 2-hydroxy-, ethyl ester, i=1-hexanol, j=2(3)H-furanone, dihydro-, k=benzeneethanol,

l= butanedioic acid, diethyl ester, m=butanedioic acid, hydroxy-, diethyl ester



ภาพผนวกที่ ๓4 โครมาโทแกรมของไวน์ข้าวที่สกัดด้วยวิธี Solid-Phase Microextraction แยกด้วยคอลัมน์ HP-5

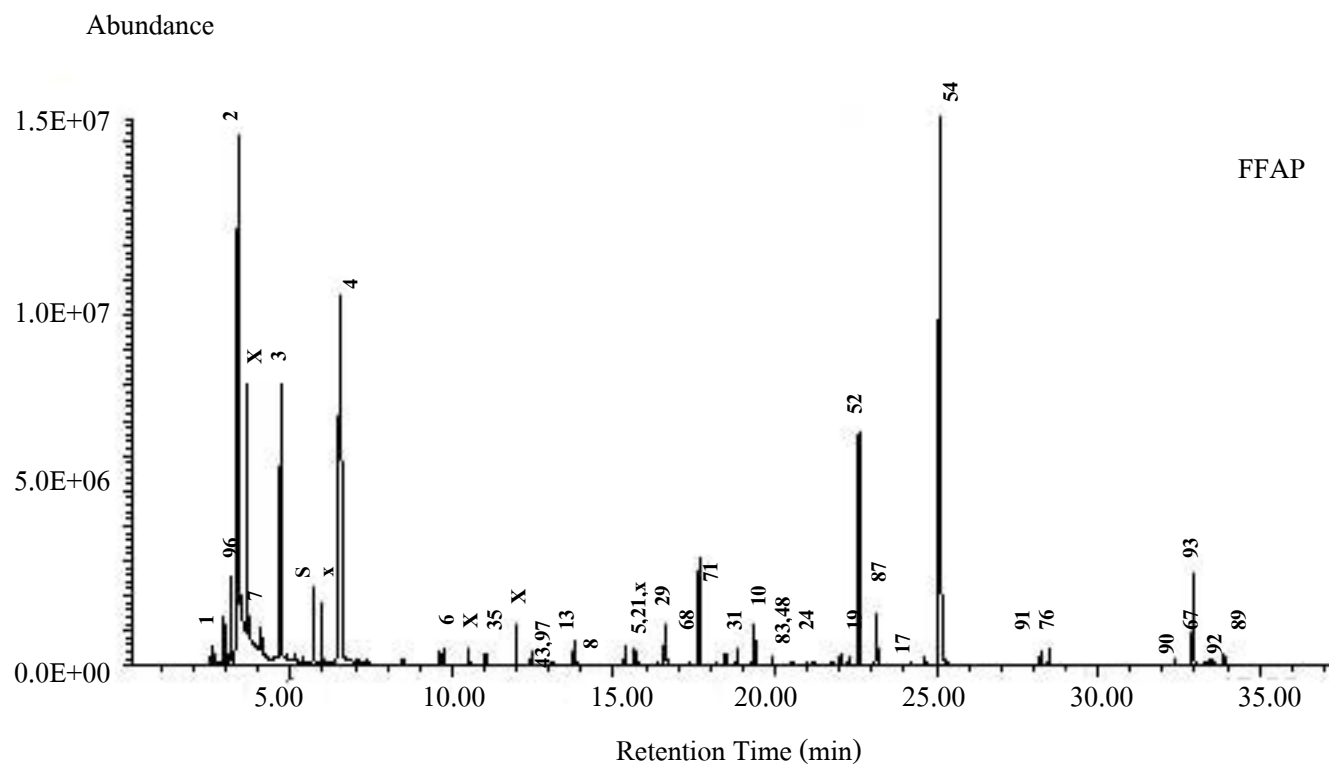
หมายเหตุ หมายเลข a= acetaldehyde, b=ethanol, c=acetic acid, ethyl ester, d=isobutyl alcohol, e=isoamyl alcohol, f=propanoic acid, 2-methyl ethyl ester, g=propanoic acid, hydroxyl-ethyl ester, h=butanoic acid, 3-methyl-,ethyl ester, i=1-hexanol, j=isoamyl acetate, k=phenol, 2-nitro, l=hexanoic acid, ethyl ester, m=herboxide second isomer, n=p-cymene, p=benzeneethanol, q=neroloxide, r=butanedioic acid, diethyl ester, s=ethyl octanoate, t=α-terpineol, u=vitispiran, v=naphthalene, 1,2-dihydro-1,1,6-dimethyl, w=decanoic acid,ethyl ester, x=1,2-benzenedicarboxylic acid, diethyl ester และ FI=สารที่เป็นองค์ประกอบของไฟเบอร์



ภาพผนวกที่ ๑5 โครมาโทแกรมของไวน์ข้าวที่แยกด้วยคอลัมน์ HP-5

หมายเหตุ S คือ 4-methyl-2-pentanol (internal standard)

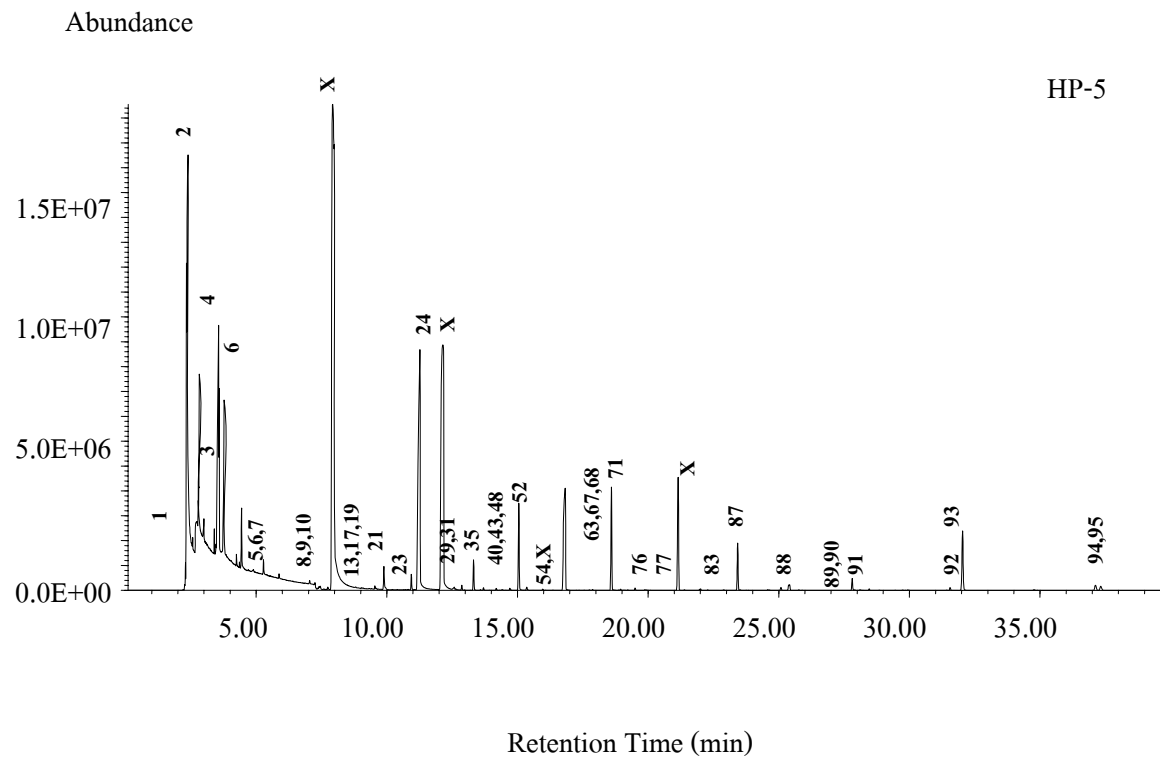
X คือ สารระเหยที่เป็นองค์ประกอบของไฟเบอร์



ภาพผนวกที่ 6 โครมาโทแกรมของไวน์ข้าวที่แยกด้วยคอลัมน์ FFAP

หมายเหตุ S คือ 4-methyl-2-pentanol (internal standard)

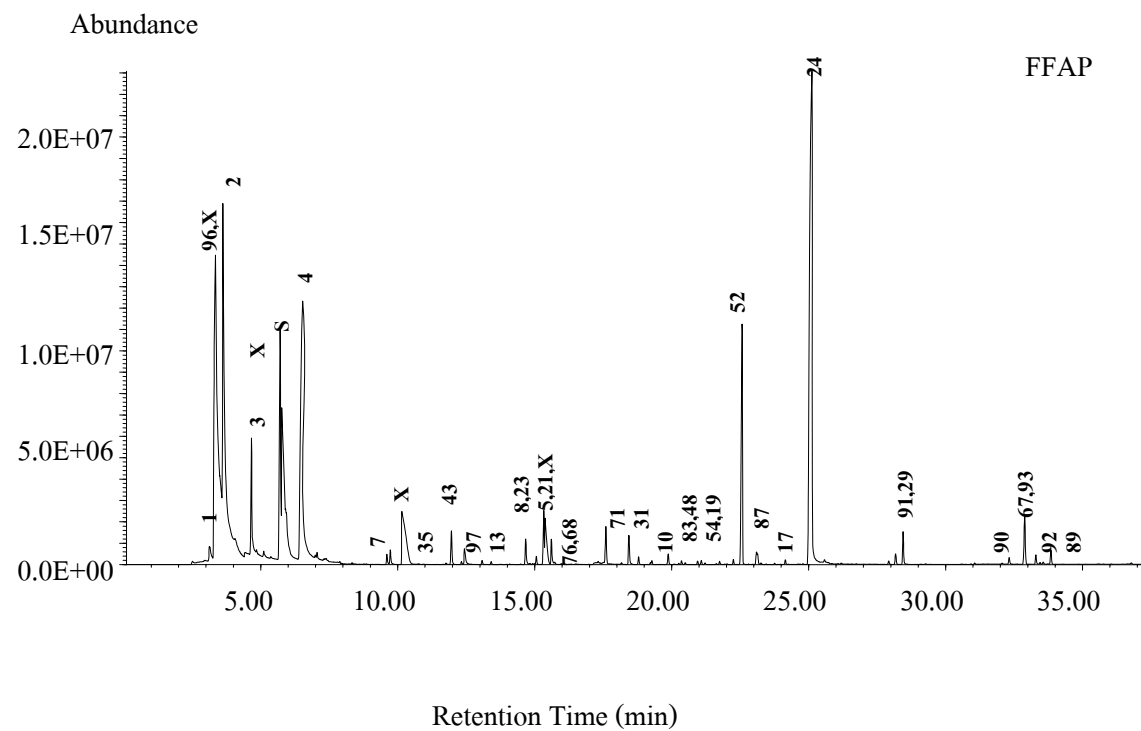
X คือ สารระเหยที่เป็นองค์ประกอบของไฟเบอร์



ภาพผนวกที่ ๗ โครมาโทแกรมของไวน์ข้าวที่ได้กระชายดำที่แยกด้วยคอลัมน์ HP-5

หมายเหตุ S คือ 4-methyl-2-pentanol (internal standard)

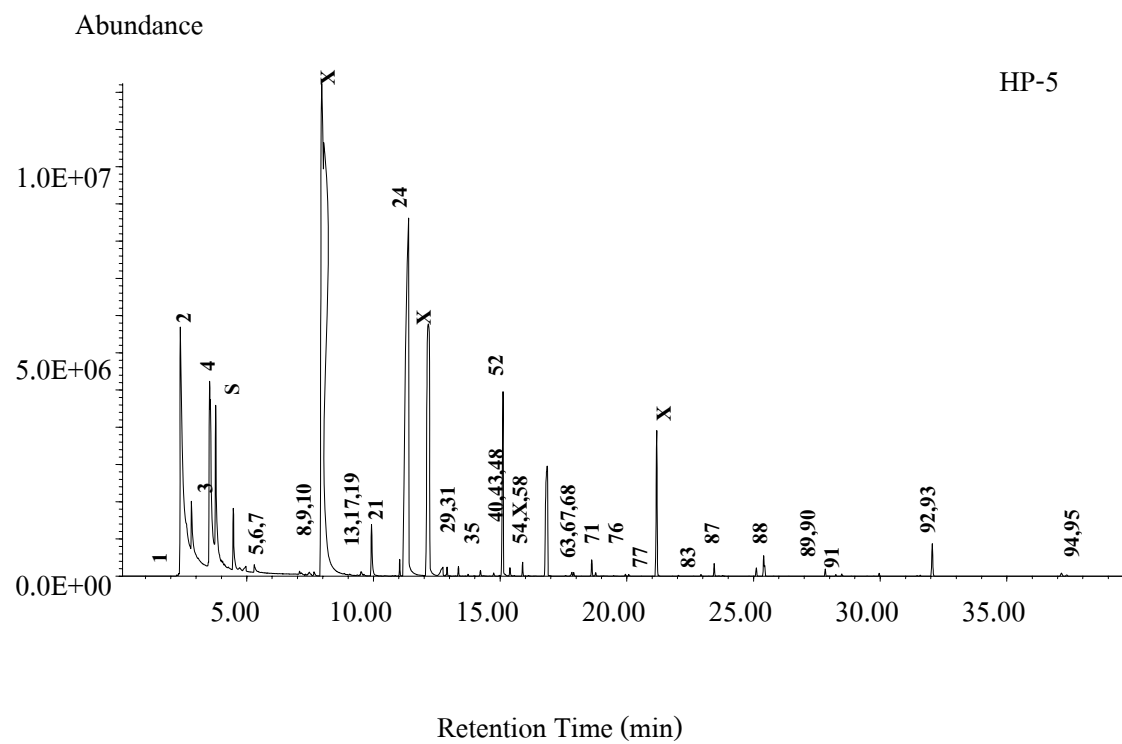
X คือ สารระเหยที่เป็นองค์ประกอบของไฟเบอร์



ภาพผนวกที่ 8 โครมาโทแกรมของไวน์ข้าวที่ใส่กระชายดำที่แยกด้วยคอลัมน์ FFAP

หมายเหตุ S คือ 4-methyl-2-pentanol (internal standard)

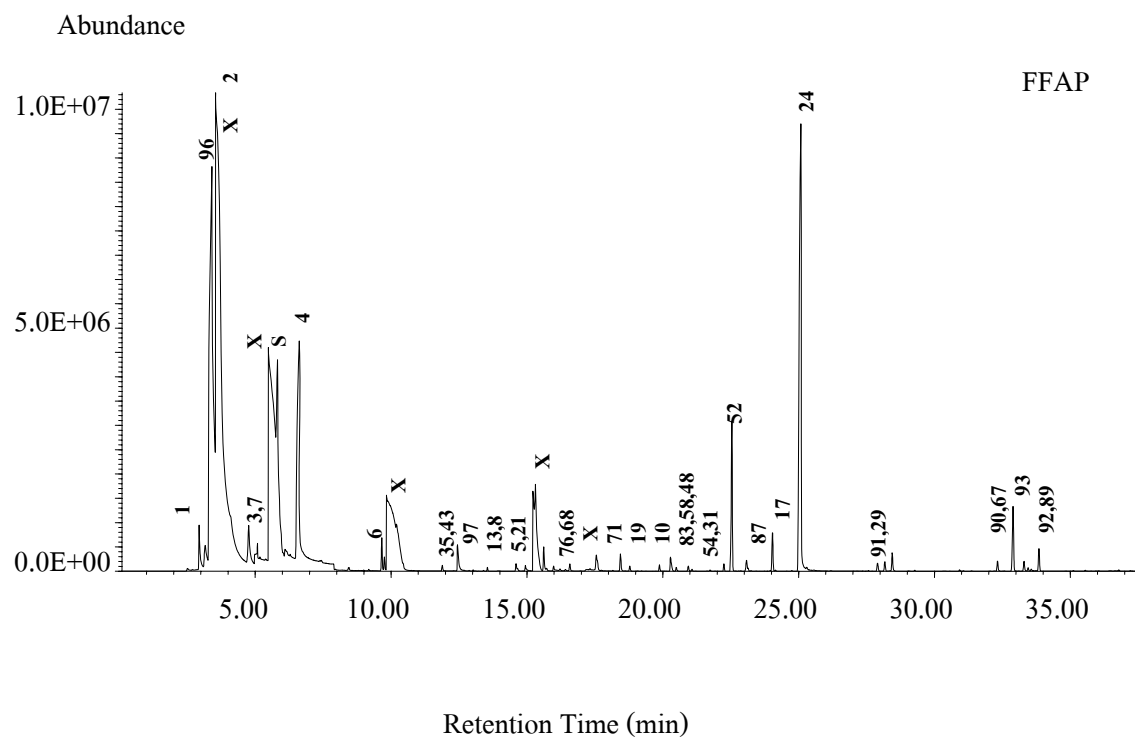
X คือ สารระเหยที่เป็นองค์ประกอบของไฟเบอร์



ภาพผนวกที่ ๑9 โครมาโทแกรมของไวน์ข้าวที่ใส่ชะเอมเทศที่แยกด้วยคอลัมน์ HP-5

หมายเหตุ S คือ 4-methyl-2-pentanol (internal standard)

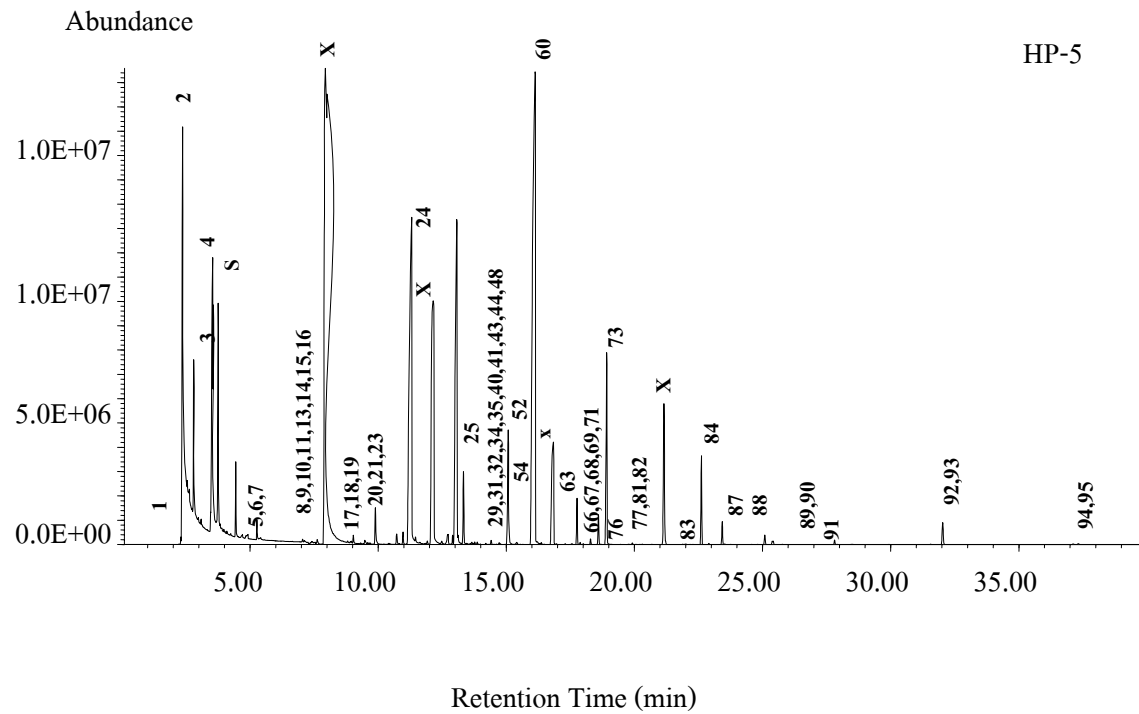
X คือ สารระเหยที่เป็นองค์ประกอบของไฟเบอร์



ภาพผนวกที่ 10 โครมาโทแกรมของไวน์ข้าวที่ใส่ชะเอมเทศแยกด้วยคอลัมน์ FFAP

หมายเหตุ S คือ 4-methyl-2-pentanol (internal standard)

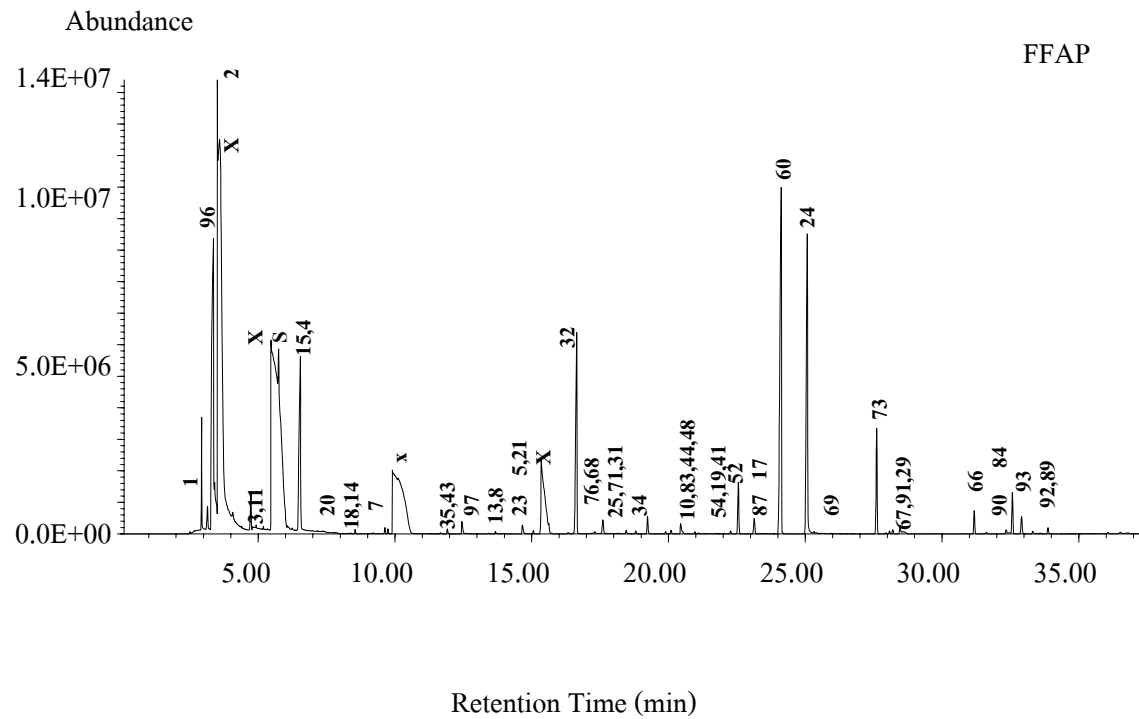
X คือ สารระเหยที่เป็นองค์ประกอบของไฟเบอร์



ภาพผนวกที่ ก11 โครมาโทแกรมของไวน์ข้าวที่ใส่ดอกจันทน์เทศที่แยกด้วยคอลัมน์ HP-5

หมายเหตุ S คือ 4-methyl-2-pentanol (internal standard)

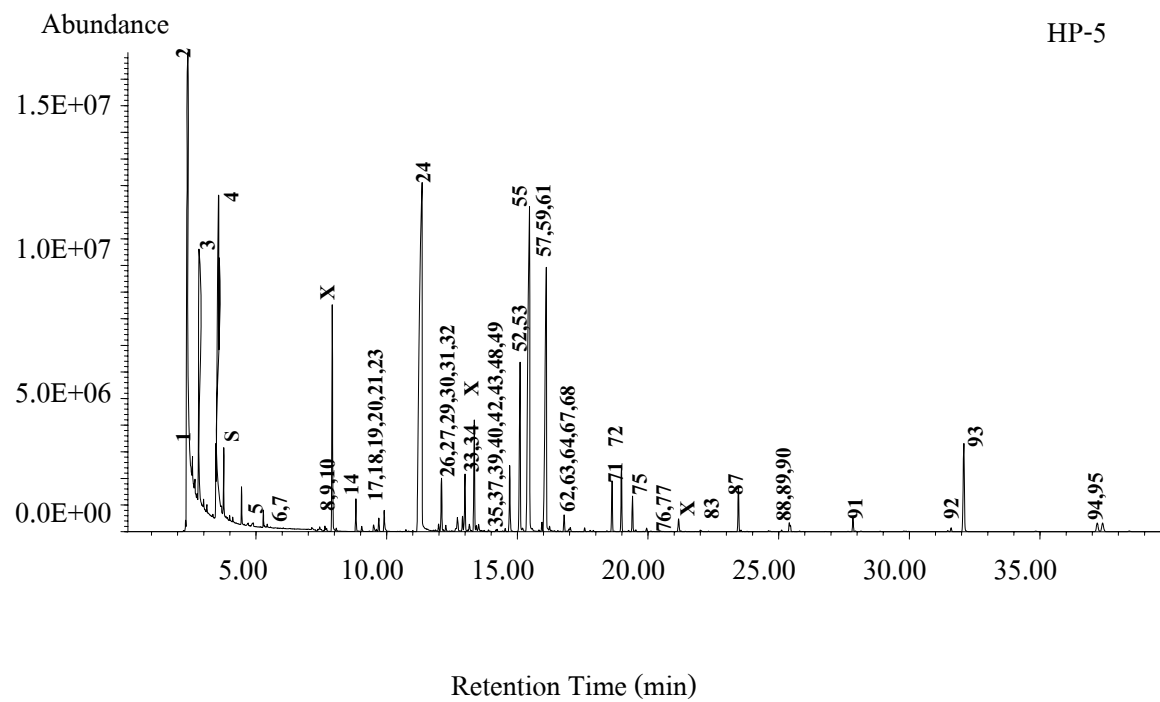
X คือ สารระเหยที่เป็นองค์ประกอบของไฟเบอร์



ภาพผนวกที่ 12 โครมาโทแกรมของไวน์ข้าวที่ใส่ดอกจันทน์เทศที่แยกด้วยคอลัมน์ FFAP

หมายเหตุ S คือ 4-methyl-2-pentanol (internal standard)

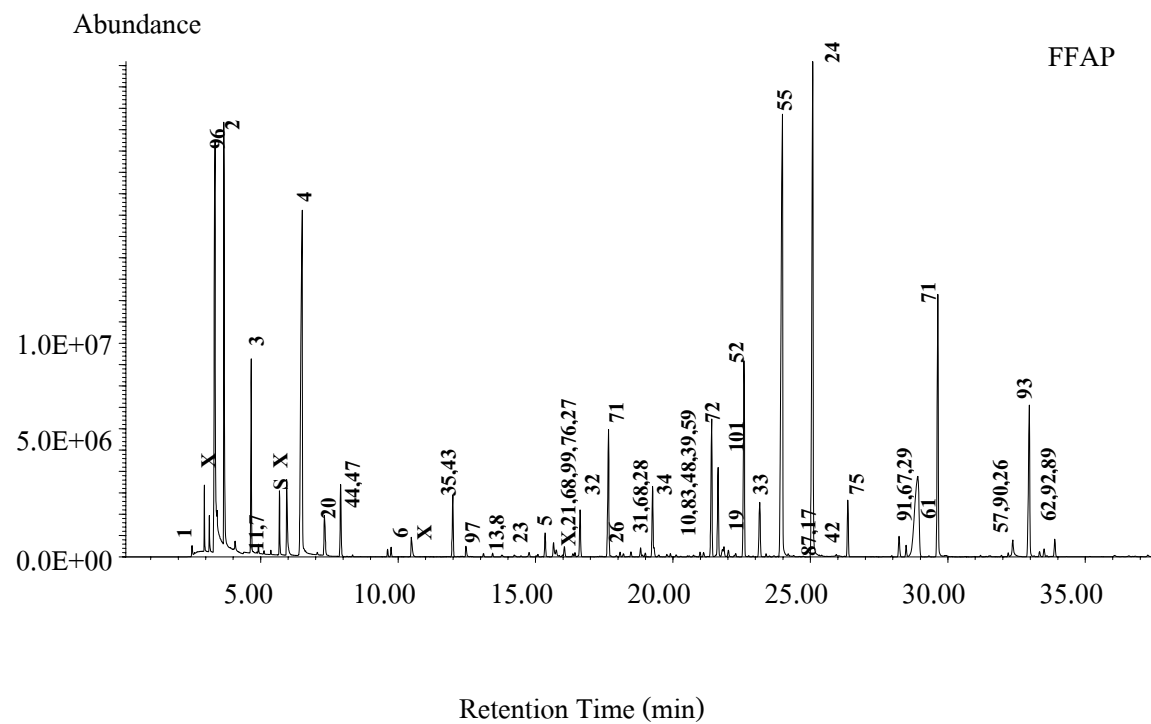
X คือ สารระเหยที่เป็นองค์ประกอบของไฟเบอร์



ภาพผนวกที่ 13 โครมาโทแกรมของไวน์ข้าวที่ใส่เทียนขาวที่แยกด้วยคอลัมน์ HP-5

หมายเหตุ S คือ 4-methyl-2-pentanol (internal standard)

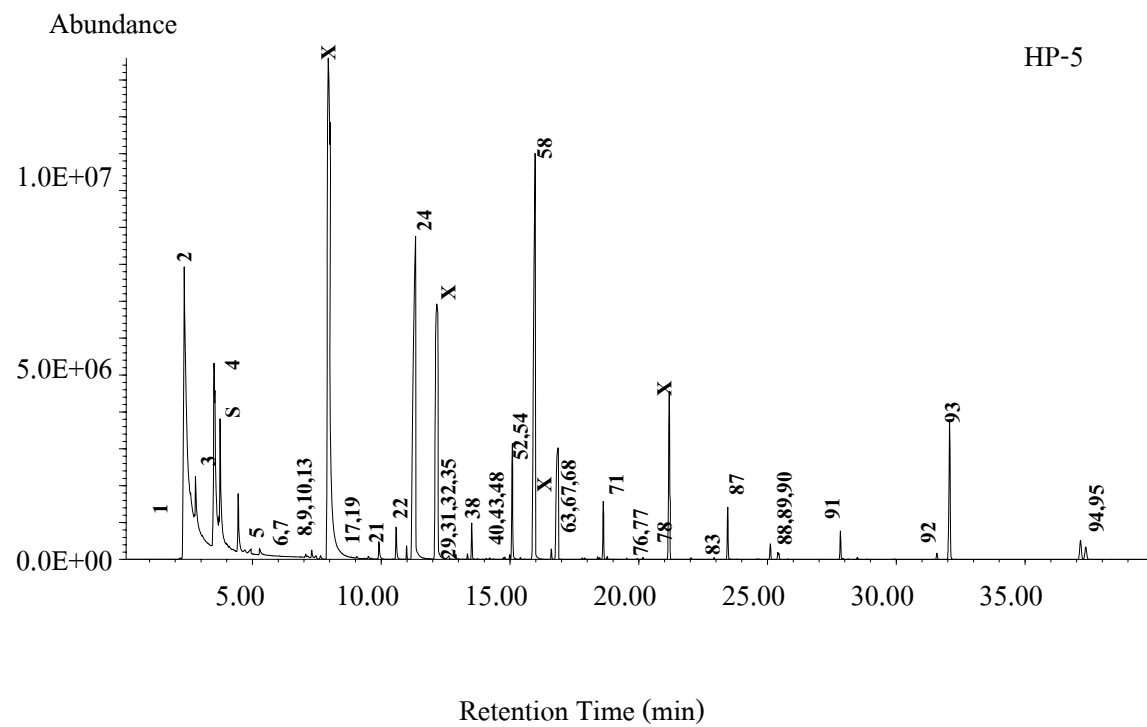
X คือ สารระเหยที่เป็นองค์ประกอบของไฟเบอร์



ภาพผนวกที่ 14 โครมาโทแกรมของไวน์ข้าวที่ใส่เทียนขาวที่แยกด้วยคอลัมน์ FFAP

หมายเหตุ S คือ 4-methyl-2-pentanol (internal standard)

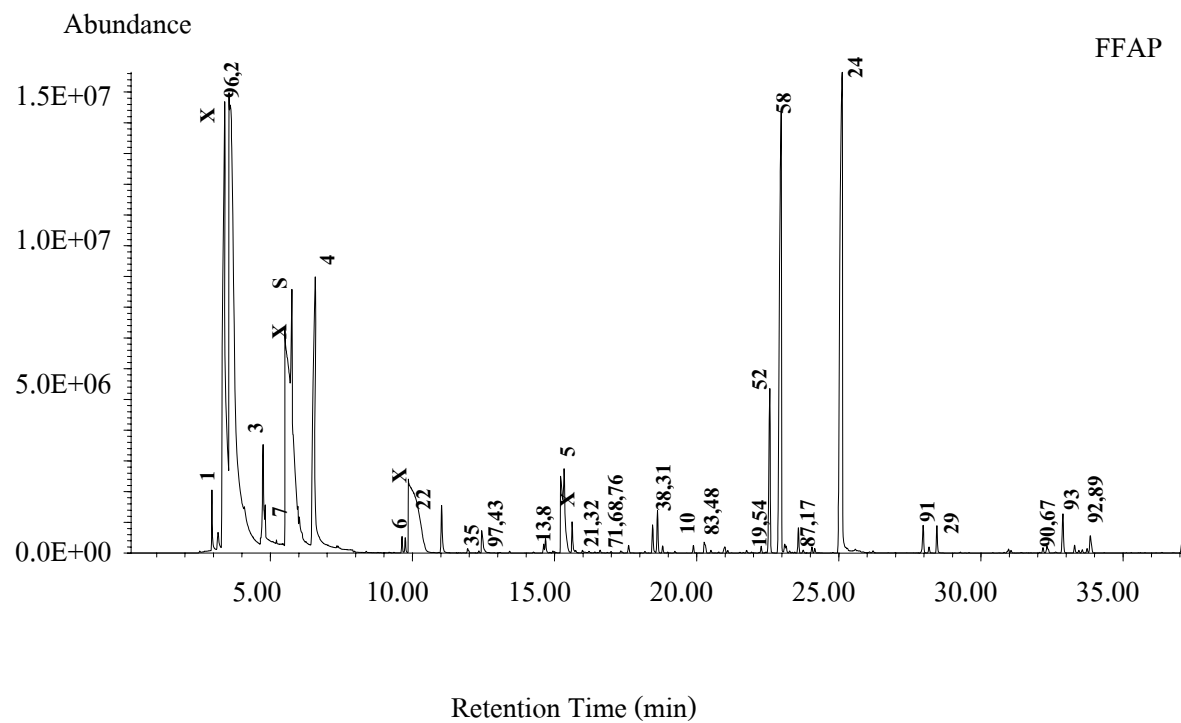
X คือ สารระเหยที่เป็นองค์ประกอบของไฟเบอร์



ภาพผนวกที่ 15 โครมาโทแกรมของไวน์ข้าวที่ได้เขียนข้าวเปลือกที่แยกด้วยคอลัมน์ HP-5

หมายเหตุ S คือ 4-methyl-2-pentanol (internal standard)

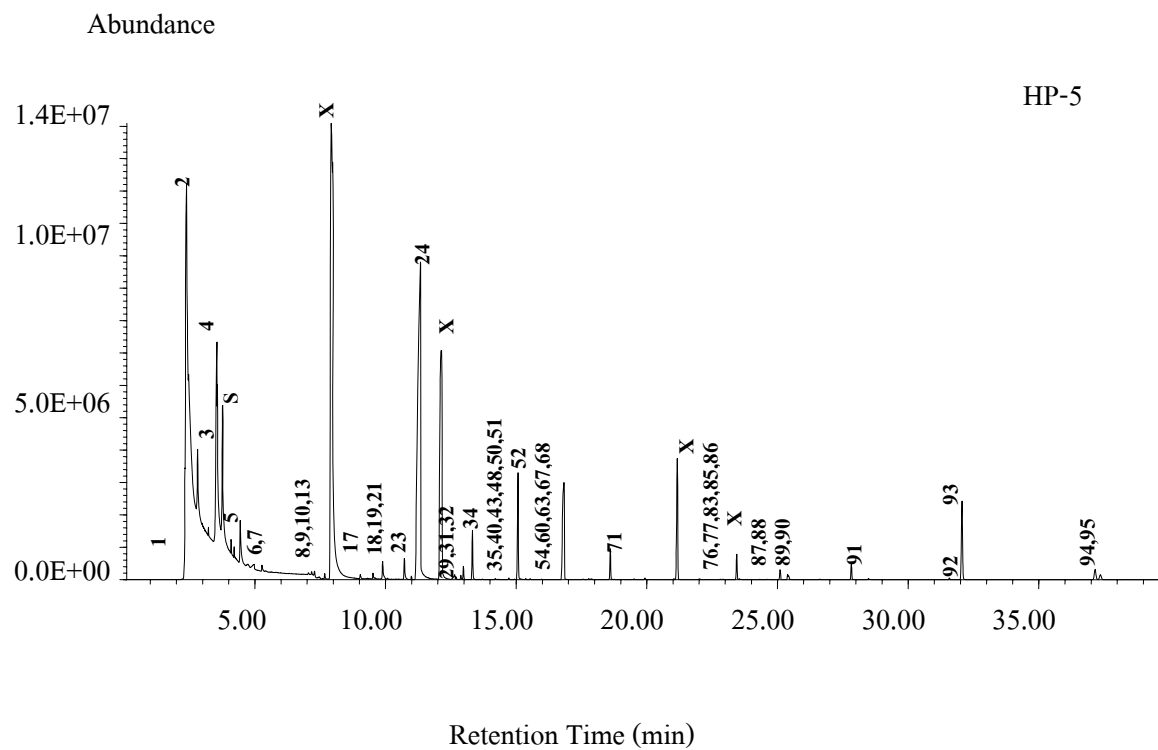
X คือ สารระเหยที่เป็นองค์ประกอบของไฟเบอร์



ภาพผนวกที่ 16 โครมาโทแกรมของไวน์ข้าวที่ใส่เทียนข้าวเปลือกที่แยกด้วยคอลัมน์ FFAP

หมายเหตุ S คือ 4-methyl-2-pentanol (internal standard)

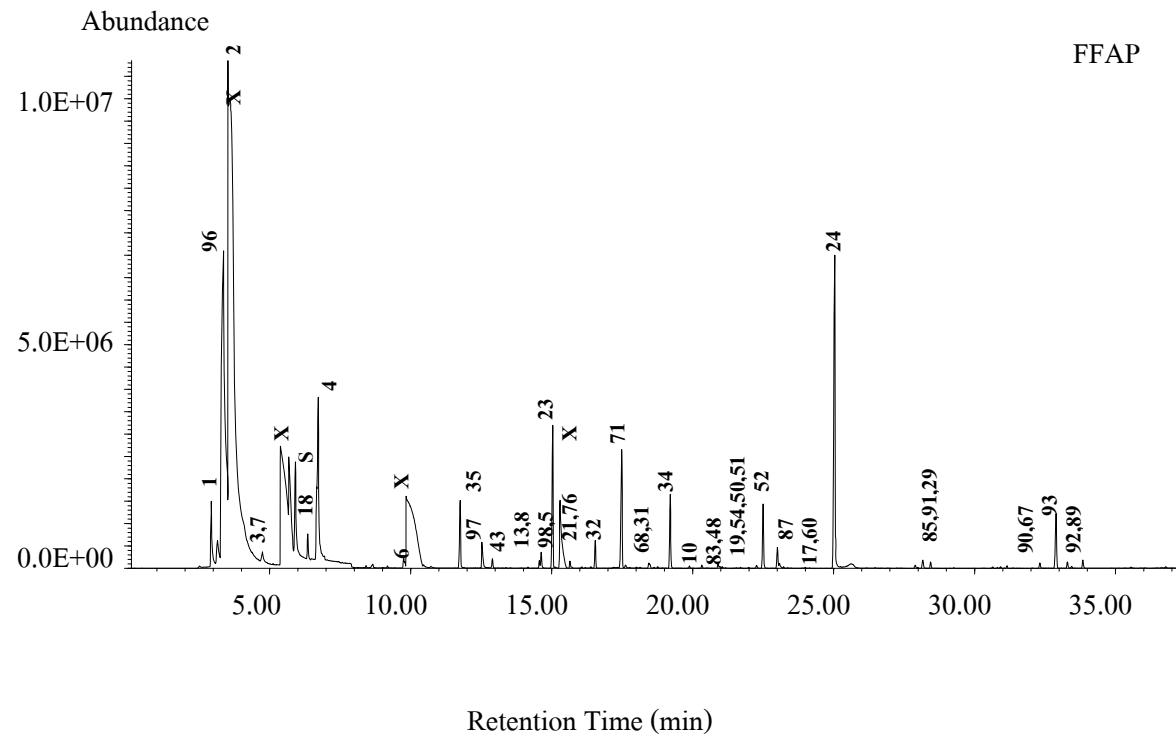
X คือ สารระเหยที่เป็นองค์ประกอบของไฟเบอร์



ภาพผนวกที่ ก17 โครมาโทแกรมของไวน์ข้าวที่ได้ใบกระวานที่แยกด้วยคอลัมน์ HP-5

หมายเหตุ S คือ 4-methyl-2-pentanol (internal standard)

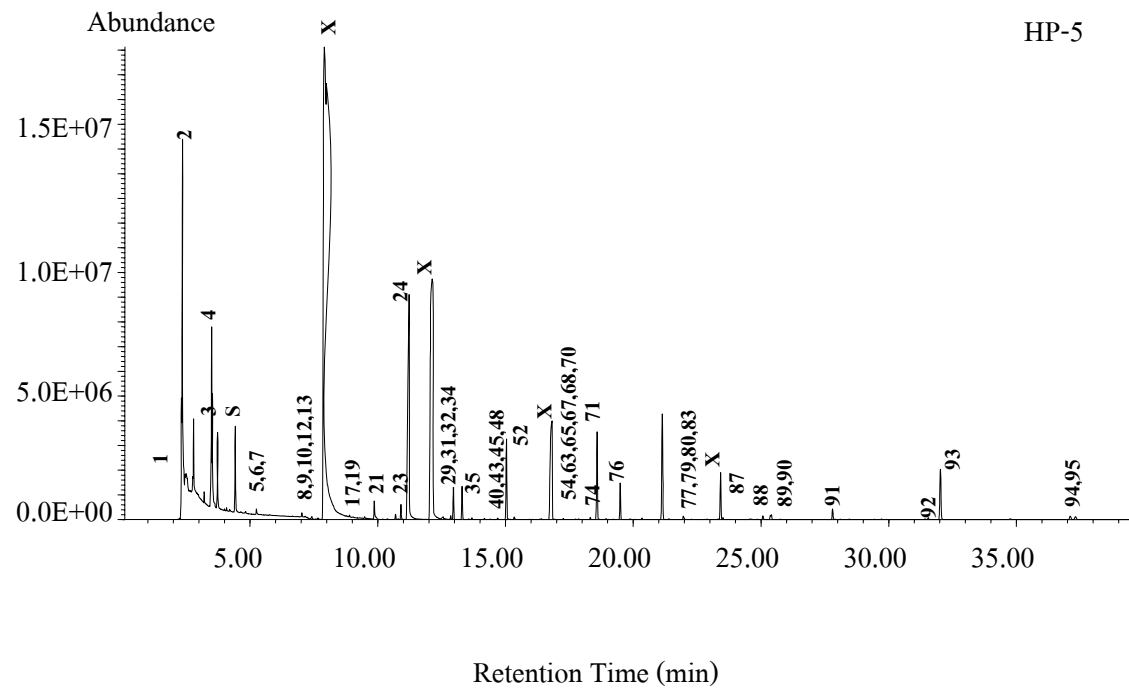
X คือ สารระเหยที่เป็นองค์ประกอบของไฟเบอร์



ภาพผนวกที่ ก18 โครมาโทแกรมของไวน์ข้าวที่ใส่ใบกระวานที่แยกด้วยคอลัมน์ FFAP

หมายเหตุ S คือ 4-methyl-2-pentanol (internal standard)

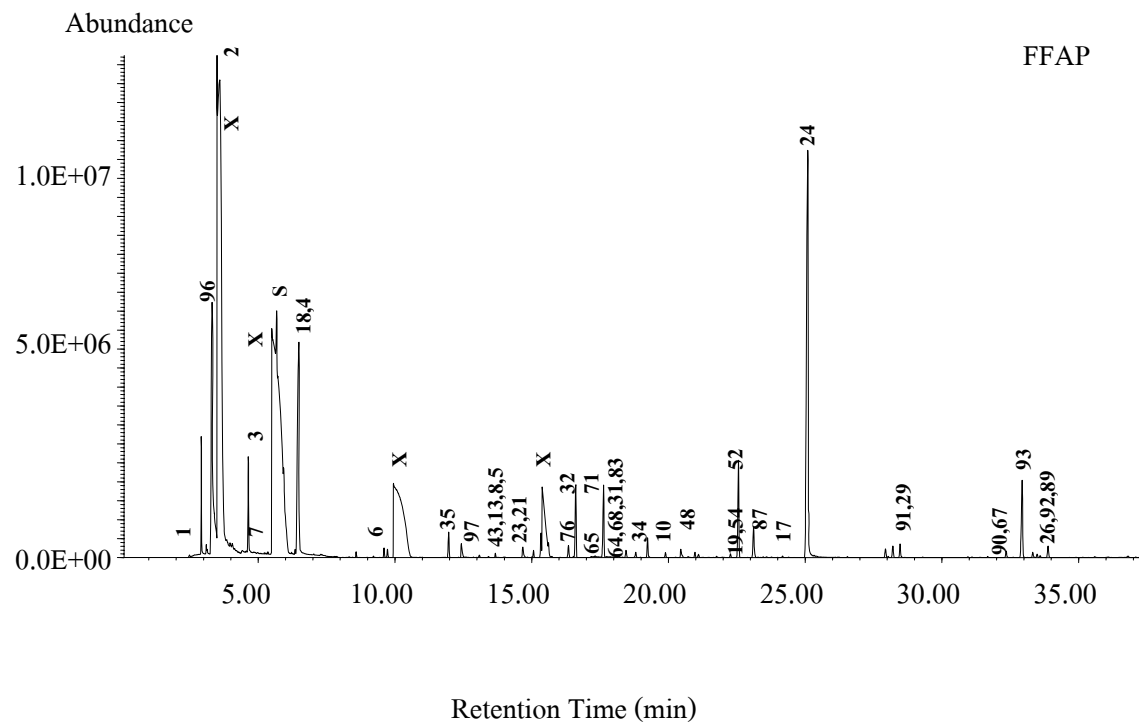
X คือ สารระเหยที่เป็นองค์ประกอบของไฟเบอร์



ภาพผนวกที่ ก19 โครมาโทแกรมของไวน์ข้าวที่ใส่พริกไทยที่แยกด้วยคอลัมน์ HP-5

หมายเหตุ S คือ 4-methyl-2-pentanol (internal standard)

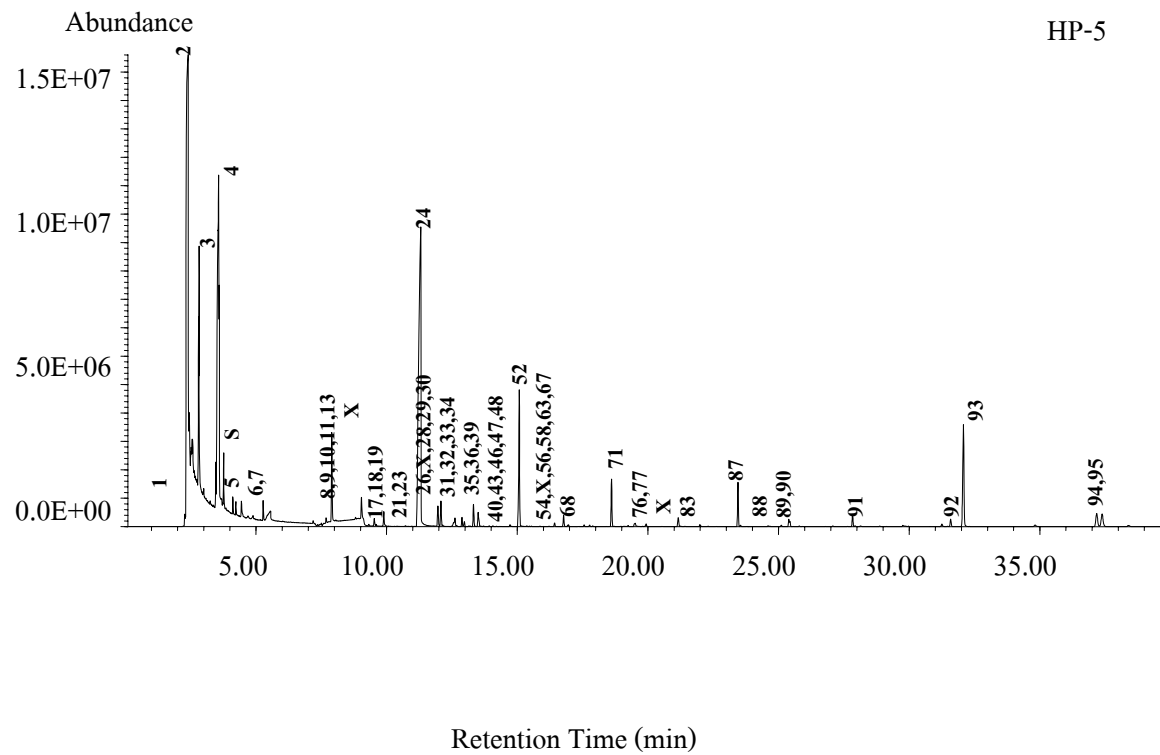
X คือ สารระเหยที่เป็นองค์ประกอบของไฟเบอร์



ภาพผนวกที่ 20 โครมาโทแกรมของไขมันข้าวที่ใส่ฟริกไทยที่แยกด้วยคอลัมน์ FFAP

หมายเหตุ S คือ 4-methyl-2-pentanol (internal standard)

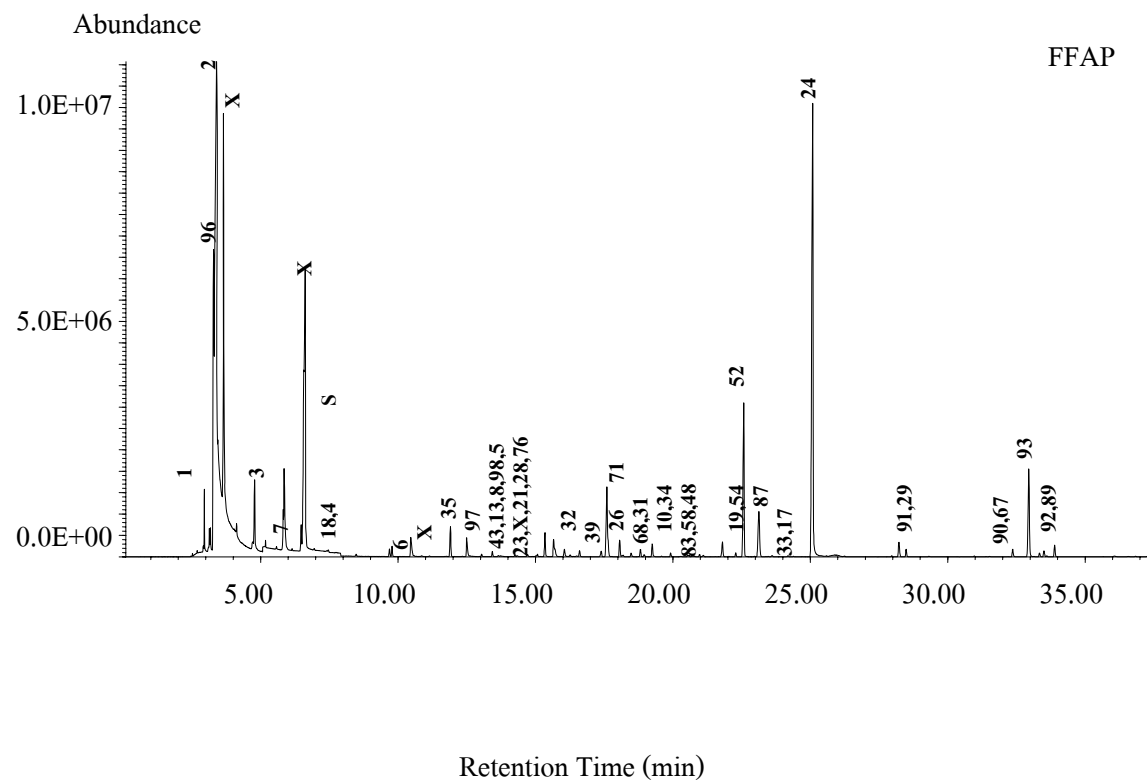
X คือ สารระเหยที่เป็นองค์ประกอบของไฟเบอร์



ภาพผนวกที่ ก21 โครมาโทแกรมของไวน์ข้าวที่ใส่ลูกกระวานที่แยกด้วยคอลัมน์ HP-5

หมายเหตุ S คือ 4-methyl-2-pentanol (internal standard)

X คือ สารระเหยที่เป็นองค์ประกอบของไฟเบอร์



ภาพผนวกที่ ๒๒ โครมาโทแกรมของไวน์ข้าวที่ใส่ลูกกระวานที่แยกด้วยคอลัมน์ FFAP

หมายเหตุ S คือ 4-methyl-2-pentanol (internal standard)

X คือ สารระเหยที่เป็นองค์ประกอบของไฟเบอร์

ภาคผนวก ข

การประเมินผลทางประสาทสัมผัส

ตัวอย่างแบบสอบถามการประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นในไวน์ขาวแต่ละชนิด

แบบทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

ชื่อผู้ทดสอบ วันที่

ผลิตภัณฑ์ ไวน์ขาว

กรุณาคมตัวอย่างจากซ้ายไปขวา แล้วบรรยายตัวอย่างในแต่ละคุณลักษณะ ซึ่งในการดมให้หมุนไวน์ในภาชนะ 8-10 รอบก่อนดม โดยแบ่งการดมเป็น 2 ช่วง ช่วงละ 5 ตัวอย่าง

รหัสตัวอย่าง

กลิ่นแอลกอฮอล์ (alcoholic)

.....
.....

กลิ่นสมุนไพร (herbaceous)

.....
.....

กลิ่นไม้ (woody)

.....
.....

กลิ่นหอมหวาน (fruity, flora)

.....
.....

ความชอบโดยรวม (overall)

.....
.....

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ – นามสกุล	นางสาวสุหัตถา นำชัยสีวัฒนา
วัน เดือน ปีเกิด	24 พฤศจิกายน 2521
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ทุนอุดหนุนและส่งเสริมวิทยานิพนธ์ระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์