

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 มะม่วง

มะม่วง (*Mangifera indica* L.) อยู่ในวงศ์ Anacardiaceae มะม่วงเป็นไม้ผลเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศ เป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ มีถิ่นกำเนิดอยู่ในภูมิภาคแถบอินโดจีน - พม่า ปลูกได้ทั่วทุกภาคของประเทศไทย ออกดอกในช่วงเดือนธันวาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ ลูกดิบมีเปลือกสีเขียว เมื่อสุกจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองหรือเหลืองส้ม พันธุ์มะม่วงที่นิยมปลูก ได้แก่ มะม่วงแก้วศรีสะเกษ มะม่วงพันธุ์มรกต มะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ทะวาย พันธุ์ฟ้าลั่น พันธุ์หนองแซง พันธุ์เขียวเสวย เป็นต้น (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2548) มะม่วงสามารถแบ่งออกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ได้ 3 ประเภทได้แก่ มะม่วงรับประทานสุกเช่น พันธุ์อกร่อง น้ำดอกไม้ และหนังกลางวัน มะม่วงรับประทานดิบ เช่น พันธุ์เขียวเสวย แรด หนองแซง และ พิมเสนมัน และมะม่วงที่ใช้ในอุตสาหกรรมเช่น พันธุ์แก้วและโชคอนันต์ มะม่วงเป็นไม้ผลที่มีคุณค่าทางอาหาร อุดมด้วยแร่ธาตุและวิตามิน จัดว่าเป็นไม้ผลที่มีผู้นิยมบริโภคมากที่สุดชนิดหนึ่งในประเทศและสามารถผลิตเป็นสินค้าส่งออกได้ เช่น มะม่วงในน้ำเชื่อม มะม่วงแช่อิ่ม เป็นต้น

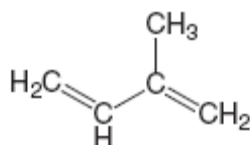
2.2 สารประกอบระเหยง่ายที่ให้กลิ่นรส (volatile compounds)

การที่คนเราสามารถรับรู้กลิ่นและบอกได้ว่าเป็นกลิ่นอะไร ก็เนื่องจากความไวทางประสาทสัมผัสรับกลิ่นที่อยู่ในโพรงจมูก ส่งสัญญาณประสาทไปยังสมอง เพื่อบอกชนิดและความแตกต่างของกลิ่น การที่คนเราสามารถชี้บ่งได้ว่ากลิ่นนั้นหรือกลิ่นนี้เป็นกลิ่นอะไร ขึ้นอยู่กับความคุ้นเคยจนจำได้ว่าเป็นกลิ่นอะไร หากศึกษาโครงสร้างของโมเลกุลที่ให้กลิ่นเหมือนกัน พบว่าจะมีโครงสร้างโมเลกุลเหมือนกัน แต่กลิ่นที่คล้ายกันอาจมีโครงสร้างโมเลกุลที่แตกต่างกันได้ (นิธิยา, 2545)

น้ำมันที่สกัดได้จากพืชเรียกว่า น้ำมันหอมระเหยง่าย ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสารประกอบอินทรีย์หลายชนิดรวมกัน ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มคือ เทอร์ปีนอยด์ (terpenoids) และ นอนเทอร์ปีนอยด์ (non-terpenoids) (นิธิยา, 2545) ดังนี้

2.2.1 สารประกอบกลุ่มเทอร์พีนอยด์ (terpenoids)

เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีโครงสร้างเป็นเส้นตรงหรือเป็นวงแหวนก็ได้ ประกอบด้วยหน่วยไอโซพรีน (isoprene) ตั้งแต่ 2 หน่วยขึ้นไป เรียกว่า เทอร์พีนไฮโดรคาร์บอน (terpene hydrocarbons)



หน่วยไอโซพรีน (C_5H_8)

เทอร์พีนที่ประกอบด้วยไอโซพรีน 2 หน่วยเรียกว่า มอโนเทอร์พีน (monoterpene) มีสูตรโมเลกุลเป็น $C_{10}H_{16}$

เทอร์พีนที่ประกอบด้วยไอโซพรีน 3 หน่วยเรียกว่า เซสควิเทอร์พีน (sesquiterpene) มีสูตรโมเลกุลเป็น $C_{15}H_{24}$ ต่อกันด้วยหัวต่อหาง (head-to-tail)

เทอร์พีนมีทั้งที่เป็น อะไซคลิก (acyclic) ไบไซคลิก (bicyclic) และ ไตรไซคลิก (tricyclic) มีจุดเดือดค่อนข้างสูงประมาณ 250 – 280 องศาเซลเซียส จึงมีกลิ่นเล็กน้อยที่บรรยากาศปกติ

เทอร์พีนที่ประกอบด้วยไอโซพรีน 4 หน่วยเรียกว่า ไดเทอร์พีน (diterpene) มีสูตรโมเลกุลเป็น $C_{20}H_{32}$

เทอร์พีนที่ประกอบด้วยไอโซพรีน 6 หน่วยเรียกว่า ไตรเทอร์พีน (triterpene) มีสูตรโมเลกุลเป็น $C_{30}H_{48}$

เทอร์พีนที่ประกอบด้วยไอโซพรีนเป็นจำนวนมากเรียกว่า โพลีเทอร์พีน (polyterpene)

หน่วยเทอร์พีนที่เรียงต่อกันแบบหัวต่อหางเรียกว่า Regular arrangement และ ที่ต่อกันแบบหางต่อหาง (tail-to-tail) เรียกว่า Irregular arrangement

เทอร์พีนอยด์ที่สำคัญและพบมากในน้ำมันหอมระเหยง่ายยังแบ่งเป็นกลุ่มย่อยได้อีกหลายกลุ่มได้แก่

1. อะไซคลิก มอโนเทอร์พีน (acyclic monoterpenes) มีสูตรโมเลกุลเป็น $C_{10}H_{16}$ และ

โครงสร้างโมเลกุลเป็นสายยาวไม่มีวงแหวน มีอยู่ในรูป 3 อนุพันธ์ ได้แก่

1.1 ไฮโดรคาร์บอน เช่น ocimene, myrcene

1.2 อัลดีไฮด์ เช่น geranial, neral

1.3 แอลกอฮอล์ เช่น geraniol, neol, linalool

2. มอโนไซคลิก มอโนเทอร์พีน (monocyclic monoterpenes) มีสูตรโมเลกุลเป็น $C_{10}H_{16}$ มีอยู่ในรูป 4 อนุพันธ์ ได้แก่

- 2.1 ไฮโดรคาร์บอน เช่น d-limonene, α -terpinene, β -terpinene, β -phellandrene
- 2.2 อัลดีไฮด์ เช่น perillaldehyde, phellandral
- 2.3 แอลกอฮอล์ เช่น α -terpineol, menthol, carveol
- 2.4 คีโตน เช่น menthone, carvone, pulegone

3. ไบไซคลิก มอโนเทอร์พีน (bicyclic monoterpene: $C_{10}H_{16}$)

- 3.1 Thujane group เช่น α - thujane
- 3.2 Carane group เช่น car-3-ene
- 3.3 Pinane group เช่น α - pinene
- 3.4 Camphane group เช่น camphor
- 3.5 Fenchane group เช่น fenchone

4. Sesquiterpene ($C_{15}H_{24}$)

- 4.1 Acyclic sesquiterpenes เช่น farnesol
- 4.2 Monocyclic sesquiterpenes เช่น zingiberene
- 4.3 Azulenes sesquiterpenes เช่น azulene
- 4.4 Other sesquiterpenes เช่น caryophellene

การเปลี่ยนแปลงปริมาณของสารประกอบเหล่านี้จะมีผลทำให้กลิ่นเปลี่ยนไปด้วย เช่น การเปลี่ยนจาก geraniol เป็น citral โดยปฏิกิริยาทางเคมี จะทำให้กลิ่นกุหลาบเปลี่ยนไปเป็นกลิ่นมะนาว การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสารให้กลิ่นก็มีผลกระทบต่อกลิ่นที่ออกมาได้ เช่น D- citronellol พบอยู่ในน้ำมันมะนาว (lemon oil) พบว่ามีทั้ง D- และ L-citronellol ผสมอยู่ร่วมกัน แต่ L-citronellol พบอยู่ในน้ำมันกุหลาบ (rose oil) และ geranium oil จะพบว่ามีทั้ง D- และ L- citronellol ผสมอยู่ร่วมกัน (นิธิยา, 2545)

2.2.2 สารประกอบกลุ่มนอนเทอร์พีนอยด์ (non-terpenoids)

น้ำมันหอมระเหยง่ายที่เป็น non-terpenoids บางชนิดเป็นสารประกอบอินทรีย์จำพวก ไฮโดรคาร์บอน แอลกอฮอล์ แอลดีไฮด์ เอสเทอร์ คีโตน และฟีนอล

2.3 สารประกอบระเหยง่ายที่ให้กลิ่นรสในมะม่วง

กลิ่น (aroma) จัดเป็นคุณลักษณะด้านคุณภาพที่สำคัญอย่างหนึ่งที่บ่งบอกถึงการสุกและการยอมรับของผู้บริโภคต่อมะม่วง สารประกอบระเหยง่ายที่ให้กลิ่นรสในผลไม้ส่วนใหญ่ รวมถึงมะม่วงนั้นจะประกอบกันอยู่อย่างซับซ้อน (complex) มีความหลากหลาย และพบในความเข้มข้นที่แตกต่างกัน มะม่วงพันธุ์ต่างๆกันจะประกอบไปด้วยสารประกอบระเหยง่ายที่ให้กลิ่นรสในลักษณะอิสระ (free form) มากกว่า 270 ชนิด และมีรายงานว่าสารประกอบระเหยง่ายที่พบมากที่สุด ในมะม่วงประมาณ 70 ชนิด จะอยู่ในรูป glycosidically-bound Monoterpene และ sesquiterpene hydrocarbons ในขณะที่เอสเทอร์ (ester) แอลกอฮอล์ (alcohol) คาร์บอนิล (carbonyl) และแลคโตน (lactone) เป็นกลิ่นรสเฉพาะในแต่ละแหล่งเพาะปลูก (Lalel, Singh และ Tan, 2003a, Lalel, Singh และ Tan, 2003b, Lalel, Singh และ Tan, 2003d)

ดังนั้นสารประกอบระเหยง่ายที่ให้กลิ่นรสในมะม่วงแต่ละพันธุ์จะมีลักษณะที่แตกต่างกันออกไปและเป็นลักษณะเฉพาะ ชนิดที่พบมากที่สุด ในมะม่วงหลายสายพันธุ์จะเป็นสารประกอบในกลุ่มเทอร์พีน (terpene) ซึ่งเส้นทางการสังเคราะห์ (metabolic pathways) เกิดขึ้นระหว่างการสุกของผลไม้ โดยการสังเคราะห์เทอร์พีนในมะม่วงมีความหลากหลายมาก มะม่วงบางพันธุ์ชนิดของสารประกอบระเหยง่ายที่ให้กลิ่นรสเกือบทั้งหมดเป็นสาร ocimene ในขณะที่พันธุ์อื่นๆ อาจจะพบ terpinolene หรือ limonene (Pino และคณะ, 2005) นอกจากนี้ในบางพันธุ์ยังพบสารประกอบประเภทเอสเทอร์ เช่น ethyl butanoate เป็นสารประกอบหลักที่ให้กลิ่นรส ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ชนิดของสารประกอบระเหยง่ายกลุ่มเทอร์พีนที่พบในมะม่วงพันธุ์ต่างๆ

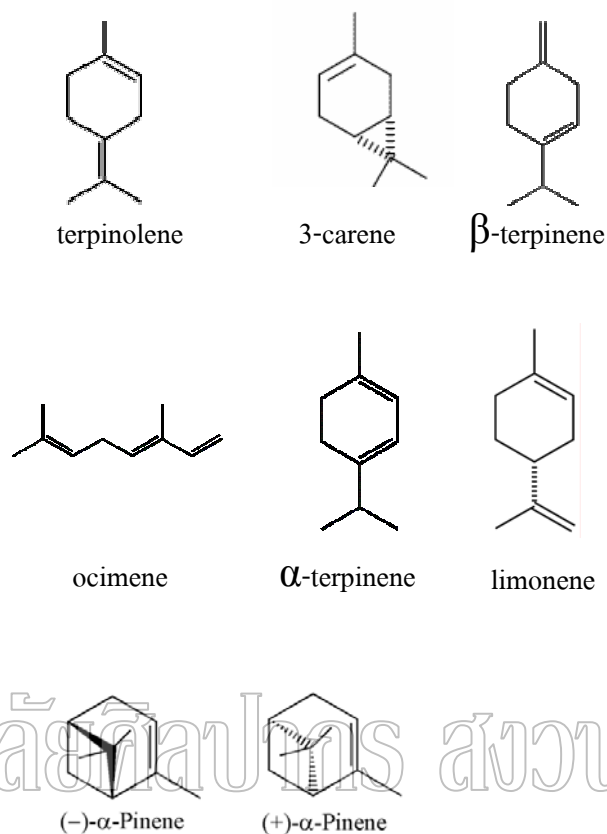
ชนิดของสารประกอบระเหยง่ายที่ ให้กลิ่นรสในกลุ่มเทอร์พีน	พันธุ์ของมะม่วง	เอกสารอ้างอิง
cis- β -ocimene, terpinolene, limonene	Delicioso, Super Haden, Ordonez, Filipino และ La Paz	Pino และคณะ (2005)
3-carene	Haden, Manga amarilla, Macho, Manga blanca, San Diego, Manzano, Smith, Florida, Keitt, Kent, Tommy Atkins, M'Bingué, Tête de Chat, Palmer	MacLeod and Synder (1985); Malundo และ คณะ (1997); Ollé และคณะ (1998); Pino และคณะ (2005)
terpinolene	Obispo, Corazon, and Huevo de toro, Kensington Pride	Lalel, Singh และ Tan (2003b); Pino และ คณะ (2005)
α -phellandrene limonene	Minin Delicioso, Super Haden, Ordoñez, Filipino, and La Paz	Pino และคณะ (2005) Pino และคณะ (2005)
ocimene	Amélie	Ollé และคณะ (1998)
ethyl butanoate	Bowen	Bartley และ Schwede (1987)

สำหรับในมะม่วงพันธุ์ที่ปลูกในประเทศไทย Maneepun และ Yunchalad (2004) รายงานว่าพบสารประกอบระเหยง่ายที่ให้กลิ่นรสเป็นสารประกอบในกลุ่มเทอร์พีนเช่นกัน ซึ่งสารประกอบหลักที่ให้กลิ่นรสจะแตกต่างกันไปตามสายพันธุ์ เช่น Linalool พบในมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ และสารประกอบ α -terpinolene จะพบมากที่สุดในทุกๆสายพันธุ์ (พันธุ์แก้ว น้ำดอกไม้โชคอนันต์ แรด และพิมเสน) ยกเว้นพันธุ์สามปี ดังตารางที่ 2 ส่วนในภาพที่ 1 แสดงตัวอย่างสูตรโครงสร้างของสารประกอบระเหยง่ายที่ให้กลิ่นรสในมะม่วง

ตารางที่ 2 ปริมาณของสารประกอบระเหยง่ายที่ให้กลิ่นรสในมะม่วงพันธุ์ไทย 6 ชนิด

ชนิดของ สารประกอบ	มะม่วงสุกพันธุ์ไทย					
	แก้ว	น้ำดอกไม้	โชคอนันต์	แรด	พิมเสน	สามปี
	%/ppm	%/ppm	%/ppm	%/ppm	%/ppm	%/ppm
alpha-terpinene	0.38/-	1.19/-	-	1.8	0.72	-
p-xylene	0.07/-	4.01/-	-	6.17	0.95	-
delta-3-carene	5.49/65	-	1.64/2.1	-	2.68	2.99
alpha-terpinene	2.68/2.4	-	1.2/-	-	0.65	-
limonene	0.99/0.2	-	0.44/-	-	0.307	-
alpha-terpinolene	46.9/75.1	0.4/-	33.3/62.1	0.65	25.6	-
linalool	-	-	1.19/-	-	-	-
beta-caryophyllene	0.83/-	4.7	0.11/-	2.17	-	-
mesifuranne	5.74/-	-	-	1.04	-	-
alpha-humulene	0.36/-	1.93	-	0.59	-	-
alpha-murolene	0.55/-	3.43	-	-	-	-
beta-selinene	4.59/-	-	-	0.2	2.39	3.97/-
para-cymene-8-ol	0.71/-	-	-	-	0.35	-
geraniol	0.97/-	-	1.67/-	-	-	-
1-heptadecene	0.48/-	1.24	7.23/-	6.31	5.67	-
mesifuranne	3.76/-	1.4	0.808/-	13.16	12.62	0.39
hexadecanoic acid	7.03/-	28.5	12.6/-	22.53	20.95	-
octadecanoic acid	3.15	14.9	9.86/-	3.91	7.64	-

ที่มา: Maneepun และ Yunchalad, 2004



ภาพที่ 1 สูตรโครงสร้างของสารประกอบระเหยที่ให้กลิ่นรสในมะม่วง

สารประกอบกลุ่มเทอร์พีนแต่ละชนิดจะมีคุณลักษณะด้านกลิ่นที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งจะแสดงถึงกลิ่นที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะของมะม่วงพันธุ์ต่างๆ MacLeod และ Synder (1985) รายงานว่าสารประกอบระเหยง่ายที่ให้กลิ่นรสที่พบมากที่สุดได้ในมะม่วงพันธุ์ Tommy Atkins และ Keitt คือ 3-carene ซึ่งจะแสดงถึงกลิ่นเขียวหรือกลิ่นของใบมะม่วง ดังตารางที่ 3 นอกจากนี้ α -terpinolene แสดงถึงกลิ่นที่หอมของดอกไม้ หวาน และกลิ่นแบบ pine-like (Lalel, Singh และ Tan, 2003a; MacLeod และ Pieris, 1984)

ตารางที่ 3 ลักษณะของกลิ่นจากสารประกอบระเหยง่ายที่ให้กลิ่นรสในมะม่วง 2 พันธุ์ จากฟลอริดา
คือ Tommy Atkins และ Keitt

ชนิดสารประกอบ	ลักษณะหรือคุณภาพของกลิ่น
cyclohexane	} fruity, sweaty, buttery
methylcyclohexane	
a branch chain C8 hydrocarbon	
a dimethylcyclohexane	
ethylcyclohexane	
1,1-diethoxyethane	Sicky
ethanol	sweet, yeasty
α -pinene	pine, cedar wood
2-methylpropan-1-ol	Pungent
toluene	Caramel, solvent
α -fenchene	Fruity
camphene	camphor, moth balls
hexanal	green grass, hexanal
an ethyl butenoate	estery, acidic
butan-1-ol	sweet, sickly
β -pinene	polish, vanish
sabinene	floral, fragrant
<i>p</i> -xylene	cold meat fat
<i>m</i> -xylene	cold meat fat
car-3-ene	green, pungent, mango leaves
myrcene	fresh, green grass
α -phellandrene	Estery
3-methylbutan-1-ol	sweaty, valeric
limonene	lemon-like
β -phellandrene	fatty, oily
γ -terpinene	flat, dull

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ชนิดสารประกอบ	ลักษณะหรือคุณภาพของกลิ่น
<i>p</i> -cymene	herbal, minty
<i>cis</i> -hex-3-en-1-ol	green grass, fruity, hexenol
2-furfural	cold meat, gravy
ethyl octanoate	slightly nutty, coconut
α -copaene	earthy, mango
β -caryophyllene	sickly sweet, wallflowers
ethyl decanoate	floral, fragrant
sabinyl acetate	none detected
α -humulene	fresh green, floral
ethyl dodecanoate	slight mango

ที่มา: MacLeod and Synder, 1985

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อสารประกอบระเหยง่ายที่ให้กลิ่นรสในมะม่วง

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้นแล้วว่ากลิ่นหรือรสชาติเป็นคุณสมบัติเฉพาะอย่างหนึ่ง ซึ่งแตกต่างกันตามชนิดของผลไม้ และยากที่จะประเมินด้วยเครื่องมือจึงนิยมใช้ผู้ชิม (taste panel) การวิเคราะห์สารประกอบทางเคมีที่ให้กลิ่น นิยมใช้เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมทรี ผลไม้ในเขตร้อนหรือกึ่งร้อน มีกลิ่นหอม แต่สารประกอบที่ให้กลิ่นมักไม่ทนความร้อน (heat sensitive) (คณัย และ นิธิยา, 2535) ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพทางด้านกลิ่นของมะม่วงได้แก่ พันธุ์, ระดับการสุก และ กระบวนการแปรรูป

2.4.1 พันธุ์

มะม่วงมีการนำเข้าและส่งออกขายกันทั่วโลก โดยมีการเพาะปลูกกันมากที่ตอนเหนือของอินเดียและพม่า จากนั้นจึงมีการขยายพื้นที่เพาะปลูกออกไปตามเขตร้อนและเขตกึ่งร้อน มะม่วงแต่ละพันธุ์จะมีกลิ่นที่เด่นเฉพาะในแต่ละพันธุ์ ดังตารางที่ 1 และ 2 แสดงชนิดของสารประกอบระเหยง่ายที่ให้กลิ่นรสในมะม่วงพันธุ์ต่างๆ

2.4.2 ระดับการสุก

ระดับการสุกเป็นตัวแปรที่สำคัญตัวแปรหนึ่งที่มีผลต่อคุณภาพของกลิ่น โดยปกติมะม่วงจะเก็บเมื่อแก่จัด แต่ยังเขียว (mature green) มีการทดลองว่าการเก็บมะม่วงที่ยังไม่สุก จะสามารถเก็บไว้ได้นานกว่าการเก็บมะม่วงขณะที่สุดแล้ว ซึ่งสามารถสูญเสียกลิ่นได้ง่าย แต่ถ้าเก็บมะม่วงในขณะที่ยังไม่โตเต็มที่ จะไม่มีการพัฒนาคุณภาพของกลิ่นและรสชาติของมะม่วง Beaulieu และ Lea (2003) ได้ศึกษาสารประกอบระเหยง่ายที่ให้กลิ่นรสในมะม่วงที่ระดับความสุกต่างกัน ได้แก่ firm-ripe (FR) และ soft-ripe (SR) ในมะม่วงพันธุ์ Keitt และ Palmer โดยเก็บในสภาวะ Modified Atmosphere Packaging (MAP) พบว่ามะม่วงที่ระดับความสุก FR ให้กลิ่นที่น้อยกว่าในมะม่วง SR แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ปริมาณสารประกอบระเหยง่ายที่ให้กลิ่นรสของขึ้นมะม่วงที่ผ่านการตัดแต่งที่ระยะความสุกแตกต่างกัน

		Ethyl ethanol	ethyl acetate	ethyl butanoate	alpha- pinene	beta- myrcene	delta-3- carene	alpha- terpinene	limonene	alpha- terpinolene	alpha- humulene
Variety	K	878,308	186,255	133,014	255,511	520,624	3,500,576	100,803	475,416	102,979	488,732
	P	1,393,542	243,595	184,353	85,821	144,302	1,453,226	28,182	158,490	31,796	188,080
Ripenes	FR	906,033	66,933	52,440	304,941	608,697	4,309,494	118,319	567,741	121,381	641,255
	SR	1,365,818	362,917	264,927	36,391	56,230	644,307	10,766	66,164	13,393	35,557
Contain	JC	88,227	64,489	10,819	193,656	385,866	2,488,397	76,001	353,540	77,548	434,822
	MAP	2,183,623	365,360	306,547	147,676	279,061	2,465,404	52,985	280,365	57,227	241,990
Days	0	124,260 ^A	45,936 ^A	114,07 ^A	310,271	603,190	3,740,408	118,142	539,746	116,832	667,712
	4	88,571 ^A	43,487 ^A	26,982 ^A	182,828	371,203	3,144,526	76,603	370,003	78,424	216,707
	7	1,594,100 ^{AB}	292,362 ^B	164,968 ^B	136,223	260,490	2,116,444	47,128	256,146	54,018	360,685
	11	2,736,769 ^B	477,914 ^B	431,376 ^C	53,341	94,969	906,225	16,098	101,916	20,275	108,519

ที่มา Beaulieu และ Lea, 2003

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

2.4.3 กระบวนการแปรรูป

กระบวนการแปรรูปมะม่วงทำได้หลายวิธีเช่น การทำผลไม้ตัดแต่งหรือผลไม้พร้อมบริโภค การอบแห้ง และการปรับสภาพบรรยากาศ

2.4.3.1 กระบวนการตัดแต่ง (fresh-cut processing)

การตัดแต่งผลไม้เป็นการเพิ่มอัตราการหายใจและเป็นการทำให้เนื้อเยื่อในมะม่วงแยกออกจากกันจึงเป็นสาเหตุทำให้เอนไซม์และสารตั้งต้น (substrate) มาทำปฏิกิริยากันได้ กระบวนการตัดแต่งยังเพิ่มการเสื่อมเสียจากเอทิลีน (ethylene) เนื่องจากการเกิดบาดแผลที่เนื้อและมีพื้นที่ผิวต่อปริมาตรมากขึ้น ซึ่งอาจทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของจุลินทรีย์และเพิ่มอัตราการสูญเสียน้ำให้มากขึ้นในการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพนั้นอาจเกิดการเกิดสีน้ำตาล การเน่าเสีย อัตราการสูญเสียวิตามินที่เพิ่มขึ้น การเน่าลงอย่างรวดเร็ว การเปลี่ยนแปลงของสี กลิ่น และอายุการเก็บที่ลดลง ประกอบกัน (Beaulieu และ Lea, 2003)

2.4.3.2 กระบวนการอบแห้ง

ยังไม่พบการรายงานเกี่ยวกับการศึกษาสารประกอบระเหยง่ายที่ให้กลิ่นรสในมะม่วงอบแห้งแบบธรรมชาติ แต่มีการศึกษาในมะม่วงที่ผ่านการทำแห้งแบบออสโมติกและมีการศึกษาผลของกระบวนการแปรรูปต่อสารประกอบระเหยง่ายที่ให้กลิ่นรสในผลไม้ชนิดอื่น เช่น กลัวย (Boudhrioua, Giampaoli และ Bonazzi, 2003) และแอปเปิล (Krokida และ Philippopoulos, 2006; Timoumi, Mihoubi และ Zagrouba, 2006) เป็นต้น

Torres และคณะ (2006) ได้ศึกษาผลของการแช่ขึ้นมะม่วงพันธุ์ Kent ในสารละลายออสโมติกต่อสารประกอบระเหยง่ายที่ให้กลิ่นรส โดยในมะม่วงสดพันธุ์ Kent ที่ทำการศึกษานั้นพบองค์ประกอบของสารประกอบระเหยง่าย 10 ชนิด เมื่อศึกษาสารประกอบระเหยง่ายในมะม่วงที่ผ่านการแช่ในสารละลายออสโมติกซึ่งเป็นสารละลายน้ำตาลซูโครสเข้มข้น 35, 45, 55 และ 65 องศาบริกซ์ ก่อนนำไปอบแห้ง พบว่าการใช้สารละลายน้ำตาลที่มีความเข้มข้นสูงจะทำให้มะม่วงมีการสูญเสียสารประกอบระเหยง่ายที่ให้กลิ่นรสไปจากมะม่วงสด ซึ่งที่ความเข้มข้นของสารละลายออสโมติกสูง (55 และ 65 องศาบริกซ์) จะทำให้ความเข้มข้นของสารประกอบระเหยง่ายทั้ง 10 ชนิดลดลง

Timoumi, Mihoubi และ Zagrouba (2006) ศึกษาการสูญเสียสารประกอบระเหยง่ายที่ให้กลิ่นในขึ้นแอปเปิลที่ผ่านการอบแห้งแบบอินฟราเรด โดยแปรค่าอุณหภูมิตั้งแต่ 40 องศาเซลเซียสถึง 70 องศาเซลเซียส พบว่าอัตราการสูญเสียสารประกอบระเหยง่ายที่ให้กลิ่นรสจะมากขึ้นเมื่อใช้อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบแห้งสูงขึ้น โดยพบว่าเมื่ออบแห้งขึ้นแอปเปิลนาน 2 ชั่วโมง ปริมาณสารประกอบระเหยง่ายที่ให้กลิ่นรสจะเพิ่มมากขึ้นกว่าปริมาณสารประกอบระเหยง่ายที่ให้กลิ่นรสเริ่มต้นถึง 5 เท่า และจากนั้นจะลดลงเรื่อยๆเมื่อเวลาอบแห้งนานขึ้น ซึ่งชี้ให้เห็นการสูญเสียความสดของขึ้นแอปเปิลสดไป

Boudhrioua, Giampaoli และ Bonazzi (2003) ศึกษาสารประกอบระเหยง่ายที่ให้กลิ่นรสในกลัวยสดและกลัวยที่ผ่านการอบแห้ง โดยใช้เทคนิค solid phase microextraction ในการสกัดกลิ่นจากตัวอย่าง พบว่าสารประกอบระเหยง่ายที่ให้กลิ่นรสหลักในกลัวยมีเพียง 7 ชนิดที่ผู้ทดสอบสามารถรับรู้ได้คือ isoamyl alcohol, isoamyl acetate, butyl acetate และ elemicine ซึ่งจะพบในกลัวยสด และอีก 3 ชนิด ซึ่งไม่สามารถบ่งชี้ได้คือ NI1, NI2 และ NI3 พบในกลัวยที่ผ่านกระบวนการอบแห้งที่อุณหภูมิ 40, 60 และ 80 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งที่แตกต่างกันจะทำให้สารประกอบระเหยง่ายที่ให้กลิ่นรสมีการเปลี่ยนแปลงไป ทั้งนี้ isoamyl acetate, isoamyl alcohol และ butyl acetate จะมีการลดลงอย่างต่อเนื่องในระหว่างกระบวนการอบแห้ง

ในขณะที่ NI1 และ NI3 จะเพิ่มขึ้นในช่วงท้ายของกระบวนการอบแห้งที่ 80 องศาเซลเซียส สำหรับ elemicine นั้นมีความคงตัวต่อความร้อน

2.4.3.3 การปรับสภาพบรรยากาศ

Lalel และ Singh (2004) ศึกษาผลการเก็บรักษาแบบปรับสภาพบรรยากาศแบบ Controlled atmosphere (CA) และ normal atmosphere (NA) ในมะม่วงพันธุ์ Kensington Pride ต่อการสังเคราะห์สารประกอบระเหยที่ให้กลิ่นรส พบว่าองค์ประกอบของบรรยากาศที่ใช้ในการเก็บรักษามะม่วงมีผลต่อความเข้มข้นของปริมาณกรดไขมัน ซึ่งใช้ในการผลิตสารประกอบระเหยง่ายที่ให้กลิ่นรส โดยการเพิ่มของคาร์บอนไดออกไซด์ในภาชนะบรรจุแบบ CA ทำให้ปริมาณกรดไขมันเพิ่มขึ้นและลดการผลิตสารประกอบประเภทมอโนเทอร์พีน sesquiterpenes และ aromatics ในเนื้อมะม่วงสุก โดยการเพิ่มของคาร์บอนไดออกไซด์นี้ทำให้เพิ่มการผลิตสารประกอบประเภทเอสเทอร์มากที่สุด อย่างไรก็ตามการเก็บรักษาแบบ CA จะช่วยยืดอายุการเก็บมะม่วงพันธุ์ Kensington Pride ได้ดี

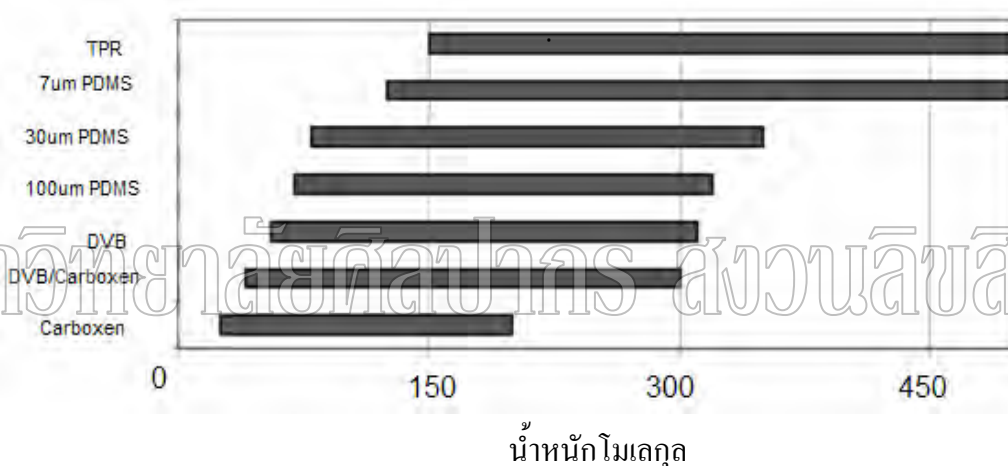
2.5 การประยุกต์ใช้เทคนิค SPME ในการวิเคราะห์สารประกอบระเหยง่ายที่ให้กลิ่นรสในมะม่วง

Headspace-solid phase microextraction (HS-SPME) เป็นเทคนิคการสกัดตัวอย่างสารประกอบระเหยง่าย ไม่ต้องใช้ตัวทำละลายในการสกัดตัวอย่างทำให้ไม่เกิดสิ่งแปลกปลอมขึ้นขณะทำการสกัดตัวอย่าง การใช้เทคนิค SPME สามารถป้องกันน้ำเข้าสู่คอลัมน์ของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี เนื่องจากสารที่ดูดซับที่ไฟเบอร์จะเป็นสารโมเลกุลต่ำและสามารถระเหยได้ง่ายเท่านั้น (Plutowska และ Wardencki, 2007)

ปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้เทคนิคนี้ในการวิเคราะห์สารประกอบระเหยง่ายกันอย่างกว้างขวาง รวมทั้งในผลไม้และผลิตภัณฑ์เนื่องจากเป็นวิธีที่สะดวกและรวดเร็วไม่ต้องเตรียมตัวอย่างยุ่งยาก ในการวิเคราะห์สารประกอบระเหยง่ายที่ให้กลิ่นรสจะใช้ร่วมกับแก๊สโครมาโทกราฟี (GC) และแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมตรี (GC-MS) ร่วมกันเพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาองค์ประกอบของสารให้กลิ่นรสที่สกัดได้ (Kim และคณะ, 2003; Lalel, Singh และ Tan, 2003b) โดยไฟเบอร์ที่ใช้ในการสกัดสารประกอบระเหยง่ายจากตัวอย่างด้วยเทคนิคนี้มีหลายชนิด ได้แก่ polydimethylsiloxane (PDMS), polyacrylate (PA), divinylbenzene (DVB), templated resin (TPR) หรือ carboxen (CAR), carbowax (CW), PDMS-DVB, CAR-DVB, CW-TPR และ CAR-PDMS เป็นต้น (Kataoka, Lord และ Pawliszyn, 2000) ซึ่งไฟเบอร์แต่ละชนิดกันก็จะสามารถดูดซับ

สารประกอบระเหยง่ายที่ให้กลิ่นรสที่มีน้ำหนักโมเลกุลในช่วงที่แตกต่างกันไป ดังภาพที่ 2 (UWE Bristol, 2007) ไฟเบอร์ที่เป็น fused silica fiber ที่เคลือบด้วยโพลิไดเมทิลไซโลเซน (PDMS) หนา 100 ไมโครเมตร สามารถดูดซับสารโมเลกุลขนาดเล็กจนถึงขนาดปานกลางและเป็นสารไม่มีขั้ว (non-polar) เป็นไฟเบอร์ที่มีการใช้ในการสกัดสารประกอบระเหยง่ายที่ให้กลิ่นรสในมะม่วง (Lalel, Singh และ Tan, 2003b) เนื่องจากสารประกอบระเหยง่ายที่ให้กลิ่นรสในมะม่วงส่วนใหญ่เป็นสารประกอบประเภทเทอร์พีน ซึ่งเป็นสารที่ไม่มีขั้ว โดยวิธีการสกัดตัวอย่างด้วย HS-SPME ทำโดยการเตรียมตัวอย่างใส่ลงในขวดใส่ตัวอย่าง จากนั้นปิดปากขวดด้วยฟาลอูมิเนียม จากนั้นใช้เข็มแทงฝาลงไปและทำการปล่อยไฟเบอร์ลงมาเพื่อทำการดูดซับสารตัวอย่างจาก headspace

ชนิดของไฟเบอร์



ภาพที่ 2 ช่วงน้ำหนักโมเลกุลของสารประกอบระเหยง่ายที่สารเคลือบไฟเบอร์สามารถดูดซับได้
ที่มา UWE Bristol, 2007

Yunchalad, Yves และ Claudie (n.d.) ได้ศึกษาเปรียบเทียบชนิดและปริมาณสารประกอบระเหยง่ายที่ให้กลิ่นรสในมะม่วงสดพันธุ์แก้วโดยใช้วิธี Headspace concentration เทียบกับ SDE พบว่าวิธี SDE ซึ่งใช้ความร้อนในการกลั่นสารตัวอย่าง สามารถสกัดสารประกอบบางชนิดออกมาได้มากกว่า เช่น สารประกอบประเภท sesquiterpene ในทางกลับกันสารบางชนิดจะลดลงเนื่องจากความร้อนในการสกัด แต่โดยรวมพบว่าวิธีสกัดแบบ SDE จะให้ชนิดและปริมาณสารที่มากกว่าการสกัดแบบ Headspace concentration

Plutowska และ Wardencki (2007) รายงานว่าข้อเสียของการใช้เทคนิค SPME คือการสกัดสารประกอบระเหยง่ายในตัวอย่าง ซึ่งจะสกัดสารประกอบระเหยง่ายได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ

องค์ประกอบของตัวอย่าง เช่นปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์ที่สูง จะส่งผลให้ความสามารถในการสกัดสารออกมาได้ต่ำหรือทำให้ได้ปริมาณสารประกอบระเหยง่ายที่น้อย ไม่เพียงแต่จะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของตัวอย่างเท่านั้น ความสามารถในการสกัดสารประกอบระเหยง่ายในตัวอย่างยังขึ้นอยู่กับสถานะที่ใช้ในการสกัดตัวอย่าง จึงจำเป็นจะต้องมีการเตรียมตัวอย่างเพื่อให้สามารถสกัดสารประกอบระเหยง่ายที่ให้กลิ่นรสให้มากที่สุดและมีประสิทธิภาพในการดูดซับสารประกอบระเหยง่ายที่ให้กลิ่นรสที่ถูกต้องแม่นยำสูง ซึ่งสถานะที่ใช้สกัดต่างๆจะแปรไปตามอุณหภูมิและเวลารวมถึง ชนิดของสารเคลือบไฟเบอร์ที่ใช้ในการสกัดการสกัดด้วย

ในการวิเคราะห์หาคุณภาพด้านกลิ่นในมะม่วงนั้น การหาปริมาณสารประกอบระเหยง่ายด้วย GC หรือ GC-MS นั้นไม่เพียงพอ Fischer (n.d.) กล่าวว่าการทำงานทดสอบทางประสาทสัมผัสจะสามารถหาองค์ประกอบของกลิ่นที่ทำให้เกิดยอมรับของผู้บริโภคได้ เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของกลิ่นจากจมูกและสารประกอบระเหยง่ายที่ให้กลิ่นรสที่ได้จาก GC หรือ GC-MS การใช้เทคนิคของ gas - chromatography olfactory (GC-O) จะสามารถประเมินกลิ่นที่เป็นไปได้ในสารประกอบแต่ละชนิดหลังจากที่แยกในแก๊สโครมาโทกราฟีแล้ว และเป็นเทคนิคที่ประเมินค่าทางประสาทสัมผัสของสารประกอบระเหยง่ายที่ให้กลิ่นรสแต่ละชนิดได้อย่างแน่นอน เพื่อหาเหตุผลส่งเสริมในการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกลิ่นที่ประกอบกันอยู่

2.6 GC-Olfactory

เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์และบ่งชี้สารประกอบใหม่เป็นใช้ควบคู่ระหว่าง GC กับจมูกของมนุษย์ โดยพื้นฐานแล้วสารประกอบจะถูกแยกออกมาด้วยเครื่อง GC ที่คอลัมน์ของ GC แยกออกเป็น 2 ทาง เส้นหนึ่งผ่านเข้าสู่ detector เช่น FID หรือ MS อีกทางหนึ่งจะเข้าสู่ sniffing cup เพื่อปล่อยกลิ่นให้มนุษย์ทำการดมกลิ่น (Hayasaka, Baldock และ Pollnitz, 2005) เครื่องมือนี้นิยมนำมาใช้ในการวิเคราะห์กลิ่นในอาหารอย่างแพร่หลาย รวมทั้งผลไม้เนื่องจากสามารถวิเคราะห์กลิ่นที่เป็น aroma active ของอาหารหรือผลไม้ชนิดนั้นๆได้ เช่นการศึกษาในลูกแพร์ (Chen และคณะ, 2006) แอปริคอต (Guillot และคณะ, 2006) และมะม่วง (MacLeod and Synder, 1985) เป็นต้น