บทที่ 4
ผลการวิจัย

ตอนที่ 1 ศึกษากระบวนการผลิตที่เหมาะสมของไวน์เม่า

1.1 องค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของน้ำเม่า

น้ำเม่าจากผลเม่าพันธุ์ฟ้าประทาน (รูปที่ 4.1 และตารางที่ 1) มีองค์ประกอบทางเคมีและกายภาพ ดังนี้ ค่าพีเอช 3.3 ปริมาณกรดทั้งหมด (เทียบกับกรดซิตริค) 10.5 กรัม/ลิตร ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 13.4 ^{o}Brix มีกรดซิตริคเป็นกรดหลัก 8.24 กรัม/ลิตร รองลงมาคือกรดทาร์ทาริก 3.0 กรัม/ลิตร และกรดมาลิค 0.8 กรัม/ลิตร กลูโคส 81.1 กรัม/ ลิตร และฟรุคโตส 76.4 กรัม/ลิตร ค่าความเข้มสี 7.21 และค่าตัวสี 4.86

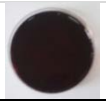
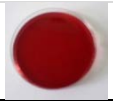
ทำการปรับความสมดุลของน้ำหมักให้มีปริมาณกรดทั้งหมด 3.0 กรัม/ลิตร โดยการเติมน้ำ และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด 200 กรัม/ลิตร โดยการเติมน้ำตาลซูโครส ทั้งนี้เพื่อให้มีสภาวะการหมักที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของยีสต์ (ดัดแปลงจาก Jitjaroen, 2007)

รูปที่ 4.1 ลักษณะปรากฏของผลเม่าพันธุ์ฟ้าประทานที่เก็บเกี่ยวในพ.ศ. 2553 เขตอ.ภูพาน จ.สกลนคร

รูปที่ 4.2 น้ำเม่าสำหรับทำไวน์

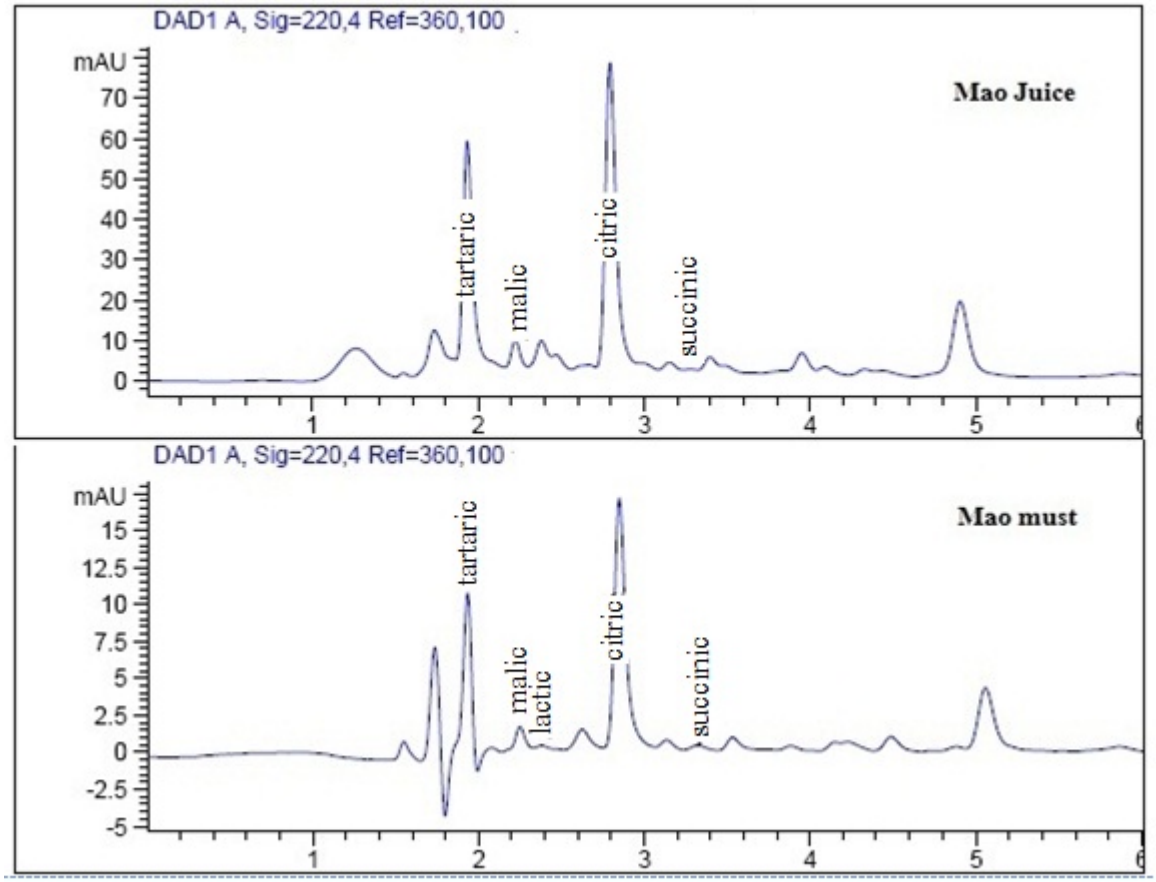
รูปที่ 4.3 ลักษณะปรากฏของกากเม่า

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของน้ำม่าและน้ำหมัก

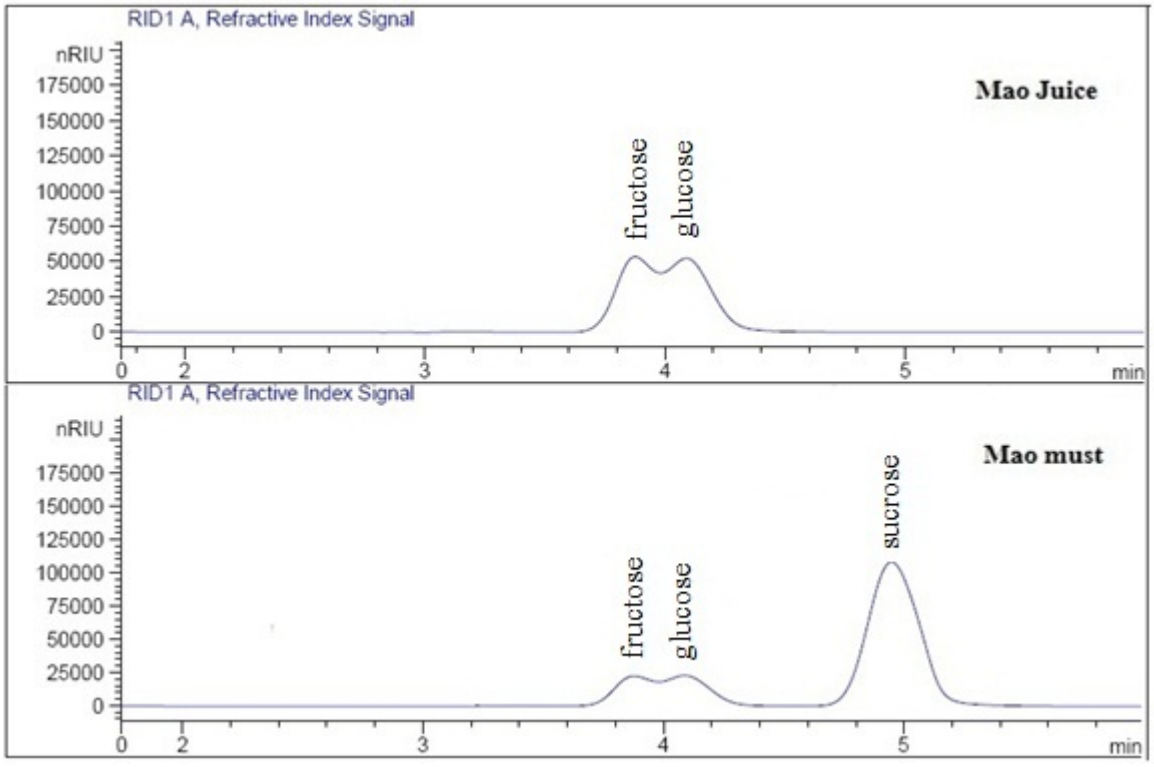
Components		Mao Juice	Mao must[1]
pH		3.3	3.3
Titratable acidity[2] (g/L)		10.5	3.05
Citric acid (g/L)		8.24	2.22
Tartaric acid (g/L)		3.08	0.61
Malic acid (g/L)		0.87	0.19
Acetic acid (g/L)		-	-
Lactic acid (g/L)		-	0.03
Succinic acid (g/L)		0.02	0.05
TSS (^{o}Brix)		13.5	20.0
Glucose (g/L)		81.11	26.09
Fructose (g/L)		76.43	26.70
Sucrose (g/L)		157.54	146.36
Total sugar (g/L)		157.55	217.16
Absorbance	520 nm	2.99	1.04
	420 nm	1.90	0.66
Colour intensity[2]		4.89	1.70
Tint (Hue)[3]		1.57	1.57
			

[1] Chapterization ratio of mao juice : water = 1 : 2.5

[2] as citric acid



รูปที่ 4.4 ปริมาณกรดอินทรีย์ในน้ำแม่าและน้ำหมักที่ใช้ในการผลิตไวน์แม่า

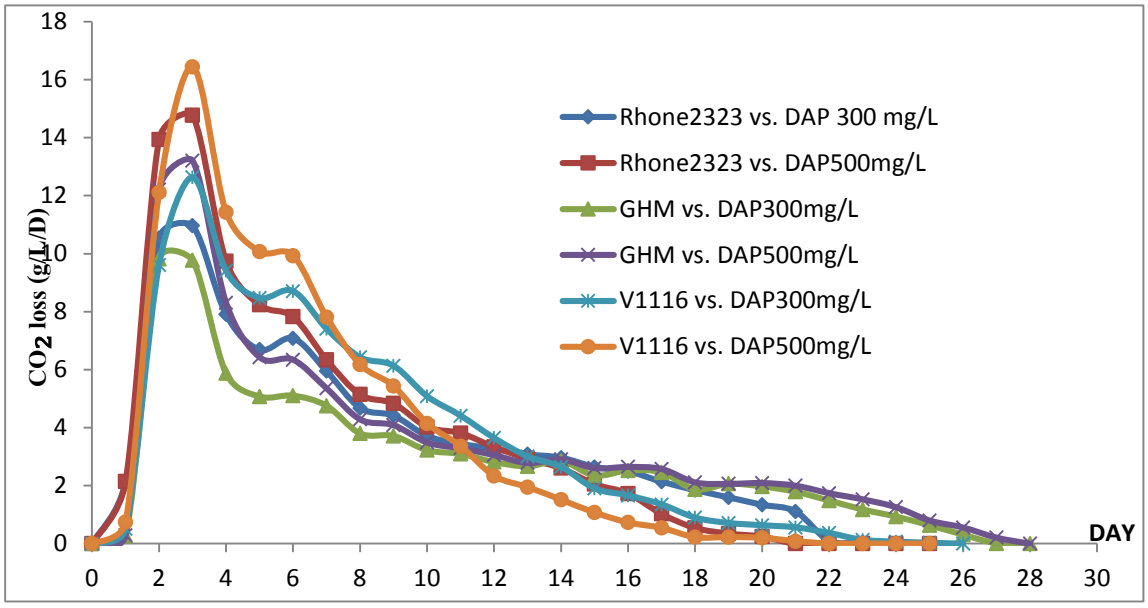


รูปที่ 4.5 ปริมาณน้ำตาลในน้ำแม่าและน้ำหมักที่ใช้ในการผลิตไวน์แม่า

1.2 ความสัมพันธ์ของสายพันธุ์ยีสต์และปริมาณแอมโมเนียมฟอสเฟตที่เหมาะสมต่อการผลิตไวน์เม่า

ทำการศึกษาสายพันธุ์ยีสต์และปริมาณแอมโมเนียมฟอสเฟตที่เหมาะสมต่อการผลิตไวน์เม่า โดยการเติมน้ำหมักด้วยยีสต์ 3 สายพันธุ์ คือ Rhöne2323, GHM, และ V1116 ร่วมกับการใช้ปริมาณแอมโมเนียมฟอสเฟต 2 ระดับ คือ 300 และ 500 มิลลิกรัม/ลิตร ทำการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของน้ำเม่า และไวน์เม่า ผลการศึกษาดังนี้

ปัจจัยการใช้สายพันธุ์ยีสต์ร่วมกับปริมาณแอมโมเนียมฟอสเฟตมีผลต่อพารามิเตอร์การหมักไวน์เม่าและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.01$) ทั้งทางด้านก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ พีเอช ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณน้ำตาล ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณแอลกอฮอล์ Sulphur binding capacity และค่าความเข้มสี (รูปที่ 4.6-4.8 และตารางที่ 4.2)



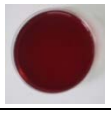
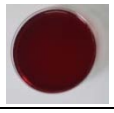
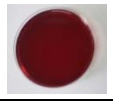
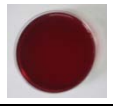
รูปที่ 4.6 สายพันธุ์ยีสต์และปริมาณแอมโมเนียมฟอสเฟตที่มีผลต่อการสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่างการหมักไวน์เม่า

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การใช้สายพันธุ์ยีสต์และปริมาณแอมโมเนียมฟอสเฟตมีผลต่อการสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ไวน์ตัวอย่างมีการสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดประมาณ 9-16 กรัม/ลิตร/วัน และสูงสุดในวันที่ 2 และ 3 แล้วจึงลดลงจนมีปริมาณคงที่แสดงว่ายุติการหมักแล้ว พบว่าตัวอย่างไวน์ที่ใช้แอมโมเนียมฟอสเฟตที่ 500 มิลลิกรัม/ลิตร ร่วมกับการใช้ยีสต์สายพันธุ์ V1116 มีการสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงที่สุด คือ 16.44 กรัม/ลิตร/วัน รองลงมาคือตัวอย่างไวน์ที่ใช้ยีสต์สายพันธุ์ Rhöne2323 และ GHM คือ 14.77 และ 13.20 กรัม/ลิตร/วัน ตามลำดับ โดยใช้เวลาในการหมัก 20 วัน และใช้เวลาในการหมักนานหากใช้แอมโมเนียมฟอสเฟตที่ 300 มิลลิกรัม/ลิตร

การเติมแอมโมเนียมฟอสเฟตเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ยีสต์สามารถสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงขึ้น โดยที่ระดับ 300 มิลลิกรัม/ลิตร สามารถสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 21 กรัม/ลิตร/วัน (Graham, 1993) Jitjaroen (2007) พบว่า การใช้แอมโมเนียมฟอสเฟตระดับ 1000 มิลลิกรัม/ลิตรร่วมกับยีสต์สายพันธุ์ SIHA3 ที่อุณหภูมิการหมัก 25 °ซ มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดสำหรับไวน์กล้วย 38 กรัม/ลิตร/วัน ใช้เวลาในการหมัก 19 วัน สำหรับไวน์กระท้อน 47 กรัม/ลิตร/วัน ใช้เวลาในการหมัก 21 วัน และสำหรับไวน์เม่า 25 กรัม/ลิตร/วัน ใช้เวลาในการหมัก 20 วัน ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองกับไวน์เม่าของงานวิจัยก่อนหน้านี้ จะเห็นได้ว่าไวน์เม่าตัวอย่างที่ได้จากการเติมแอมโมเนียมฟอสเฟตที่ระดับ 300 และ 500 มิลลิกรัม/ลิตร และหมักที่ 20 °ซ มีการสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำกว่าและใช้ระยะเวลาในการหมักใกล้เคียงกัน ซึ่งมีปัจจัยที่สำคัญเกี่ยวข้องหลายประการ ได้แก่ อุณหภูมิการหมัก ปริมาณกรด พีเอช และการเติมน้ำเพื่อการปรับค่าความสมดุลของกรดทำให้สารอาหารเริ่มต้นในการหมักมีคุณภาพแตกต่างกัน เป็นต้น (Jitjaroen, 2007)

รูปที่ 4.7 ลักษณะปรากฏของไวน์ตัวอย่างที่ได้จากการศึกษาสายพันธุ์ยีสต์และปริมาณแอมโมเนียมฟอสเฟต

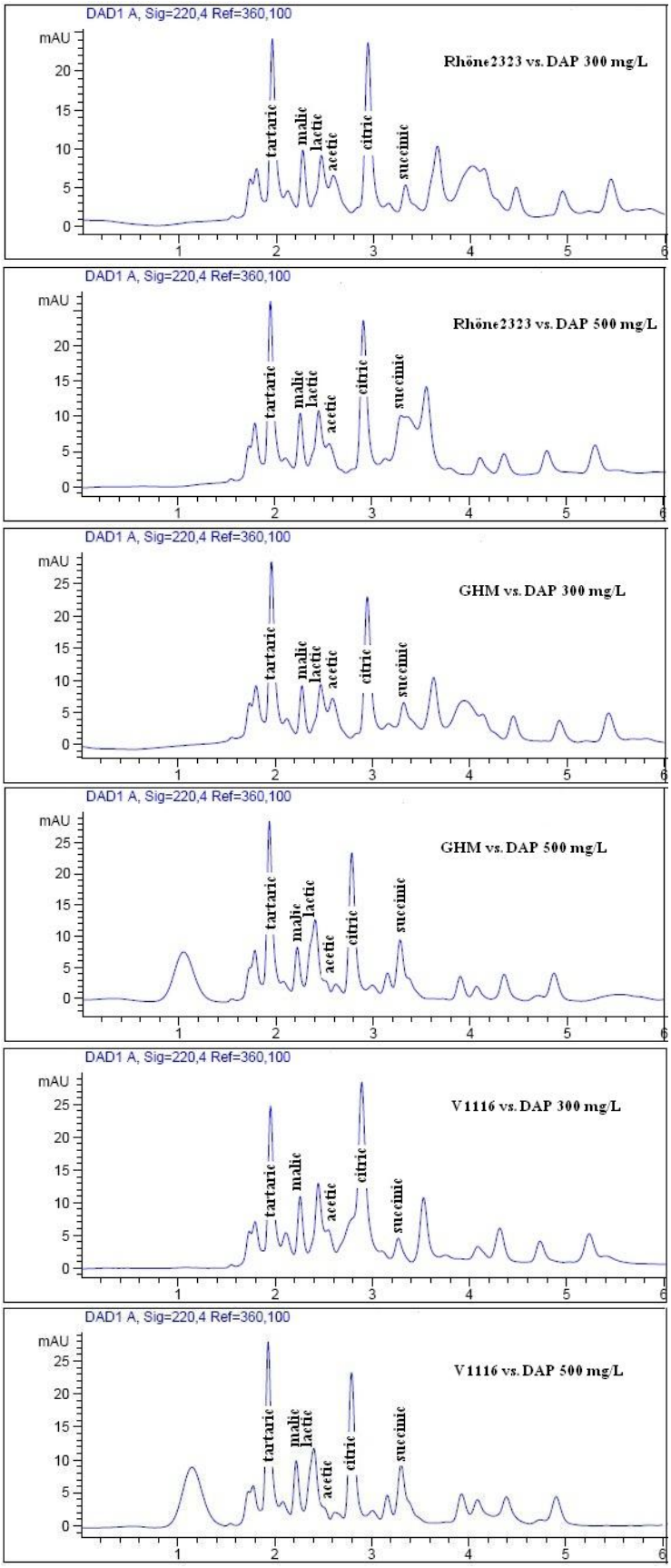
ตารางที่ 4.2 สายพันธุ์ยีสต์และปริมาณแอมโมเนียมฟอสเฟตที่มีผลต่อพารามิเตอร์การหมักไวน์เม่า

Components	Mao wine treatment					
	Yeast Rhöne2323		Yeast GHM		Yeast V1116	
	DAP 300 mg/L	DAP 500 mg/L	DAP 300 mg/L	DAP 500 mg/L	DAP 300 mg/L	DAP 500 mg/L
pH	3.25^{ab}	3.23^{b}	3.26^{a}	3.26^{a}	3.24^{ab}	3.26^{a}
TA[1] (g/L)	6.73^{b}	7.00^{a}	6.83^{ab}	6.82^{ab}	7.00^{a}	7.00^{a}
Citric acid (g/L)	2.43^{ns}	2.41	2.35	2.43	2.43	2.43
Tartaric acid[2] (g/L)	1.26^{bc}	1.27^{bc}	1.43^{a}	1.48^{a}	1.17^{c}	1.39^{ab}
Malic acid (g/L)	1.01^{bc}	1.03^{bc}	0.97^{c}	0.81^{d}	1.15^{a}	1.07^{b}
Acetic acid (g/L)	0.21^{ab}	0.15^{bcd}	0.23^{a}	0.11^{cd}	0.18^{abc}	0.07^{d}
Lactic acid (g/L)	0.01^{b}	0.00^{b}	0.00^{b}	0.52^{a}	0.00^{b}	0.04^{b}
Succinic acid (g/L)	0.61^{c}	0.52^{c}	0.67^{c}	1.38^{a}	0.85^{b}	1.39^{a}
TSS (^{o}Brix)	5.8^{c}	6.2^{b}	7.0^{a}	5.0^{d}	6.1^{b}	6.1^{b}
Glucose (g/L)	0	0	0	0	0	0
Fructose (g/L)	0^{c}	0^{c}	24.29^{a}	0^{c}	1.35^{b}	0^{c}
Total sugar[3] (g/L)	0^{c}	0^{c}	24.29^{a}	0^{c}	1.35^{b}	0^{c}
Alcohol (% vol)	12.30^{a}	12.30^{a}	11.30^{c}	12.30^{a}	11.50^{b}	12.30^{a}
Acetaldehyde (mg/L)	17.20^{c}	13.97^{cd}	17.49^{c}	10.96^{d}	33.73^{a}	23.85^{b}
Pyruvate (mg/L)	0	0	0	0	0	0
α-Ketoglutarate (mg/L)	78.53^{b}	32.65^{c}	105.13^{a}	76.93^{b}	110.32^{a}	83.36^{b}
Sulphur binding capacity[4](mg/L)	59.51^{c}	34.62^{e}	71.62^{b}	49.74^{d}	97.46^{a}	71.26^{b}
Absorbance 520 nm	2.16^{b}	2.19^{a}	1.79^{e}	2.11^{c}	1.97^{d}	2.11^{c}
Absorbance 420 nm	1.30^{a}	1.21^{b}	1.06^{d}	1.19^{b}	1.12^{c}	1.21^{b}
Colour intensity	3.46^{a}	3.40^{b}	2.85^{e}	3.31^{c}	3.09^{d}	3.33^{c}
Tint (Hue)	1.65^{d}	1.80^{a}	1.69^{cd}	1.76^{ab}	1.75^{ab}	1.74^{bc}
						

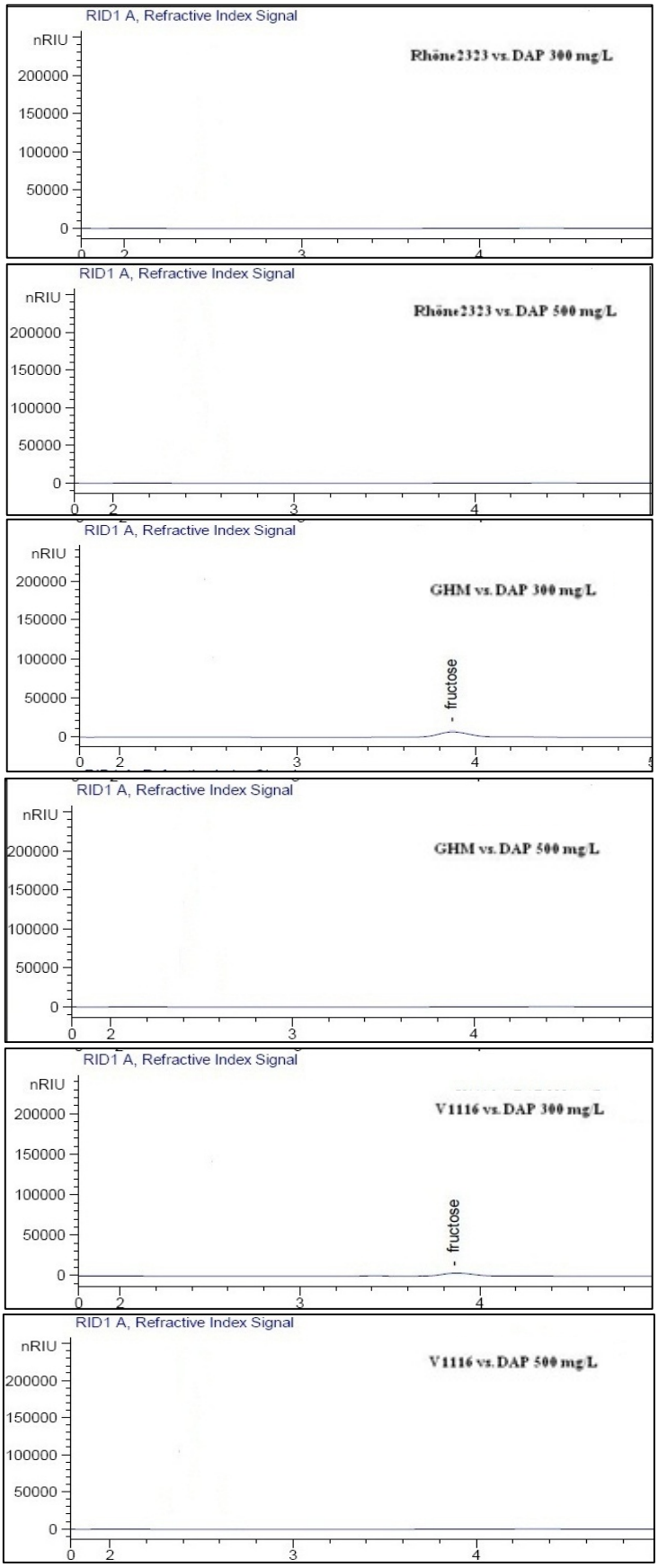
[1] as citric acid

[2] based on calculation of totally glucose and fructose contents

[3] based on the calculation of acetaldehyde, pyruvate, and α-ketoglutarate with their factors



รูปที่ 4.8 สายพันธุ์ยีสต์และปริมาณแอมโมเนียมฟอสเฟตที่มีผลต่อชนิดและปริมาณของกรดอินทรีย์ในการหมักไวน์เม่า



รูปที่ 4.9 สายพันธุ์ยีสต์และปริมาณแอมโมเนียมฟอสเฟตที่มีผลต่อชนิดและปริมาณของน้ำตาลในการหมักไวน์เม่า

ค่าพีเอชและกรด บ่งบอกปริมาณความเป็นกรดโดยรวมประกอบด้วย กรดซิตริค กรดอะซิติค กรดแลคติค และกรดทาร์ทาริค มีผลต่อคุณภาพทางเคมีและจุลินทรีย์ โดยทั่วไปมาตรฐานค่าพีเอชของไวน์ควรอยู่ในช่วง 3.0-4.5 (Jackson, 1994) และปริมาณกรดทั้งหมด 5.5-8.5 กรัม/ลิตร (เทียบกับกรดทาร์ทาริค) (Jackson, 1994) หรือ 5-7 กรัม/ลิตร (เทียบกับกรดซิตริค) ตัวอย่างไวน์ทุกหน่วยมีค่าพีเอชและปริมาณกรดแตกต่างกัน แสดงว่า ชนิดของสายพันธุ์ยีสต์และปริมาณแอมโมเนียมฟอสเฟตที่เติมลงในน้ำหมักมีผลต่อค่าพีเอชและปริมาณกรดของไวน์ตัวอย่าง เนื่องจากในการเตรียมน้ำหมักได้ปรับปริมาณกรดทั้งหมดให้เป็น 3.0 กรัม/ลิตร มีค่าพีเอช 3.3 และเมื่อหมักเป็นไวน์แล้วพีเอช ลดลงประมาณ 0.1 หน่วย เนื่องจากมีปริมาณกรดเพิ่มขึ้นจาก 3.0 กรัม/ลิตรในน้ำหมักเป็น 6.7-7.0 กรัม/ลิตรในไวน์ ซึ่งตามหลักการแล้วการเปลี่ยนแปลงของกรด 0.5-1.0 กรัม/ลิตร อาจมีผลทำให้พีเอชลดลงได้ถึง 0.1 หน่วย (Zoecklein *et al*., 1995) ดังนั้นการที่ไวน์ตัวอย่างมีปริมาณกรดเพิ่มขึ้นประมาณ 3.7-4.0 กรัม/ลิตร ควรทำให้พีเอชมีค่าลดลงได้มากถึง 0.36 หน่วย แต่มีหลายกรณีที่ค่าพีเอชไม่แปรผกกันตามปริมาณกรดที่สูงขึ้น เช่น ในสภาวะที่น้ำหมักมีโพแทสเซียมจะทำให้ไวน์มีความสามารถต้านทานการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชหรือไวน์มีคุณสมบัติเป็นบัฟเฟอร์ (Claudio and Joseph, 2001)

ไวน์ทุกหน่วยทดลองมีปริมาณกรดทั้งหมดสูงขึ้น สอดคล้องกับปริมาณกรดอินทรีย์ทุกชนิดที่สูงขึ้นภายหลังการหมักเช่นกัน แต่ส่วนใหญ่มีค่าอยู่ในเกณฑ์ทั่วไปเมื่อเปรียบเทียบกับไวน์องุ่น โดยมีกรดซิตริคเป็นกรดหลักในผลเม่า และพบในไวน์เม่าสูงเช่นกันคือ 2.35-2.43 กรัม/ลิตร (Jitjaroen, 2007) ไวน์ตัวอย่างมีปริมาณกรดทาร์ทาริค 1.2-1.4 กรัม/ลิตร กรดมาลิค 0.97-1.15 กรัม/ลิตร และกรดซัคซินิค 0.52-1.39 กรัม/ลิตร สำหรับกระบวนการหมักไวน์จะให้ความสำคัญต่อการสร้างกรดอะซิติค ซึ่งไม่ควรมีปริมาณเกิน 0.6-0.9 กรัม/ลิตร และกรดแลคติคควรมีปริมาณไม่เกิน 0.1-1.0 กรัม/ลิตร โดยตัวอย่างไวน์ทุกหน่วยมีปริมาณกรดทั้งสองชนิดต่ำกว่าที่กำหนดคือกรดอะซิติค 0.07-0.23 กรัม/ลิตร และกรดแลคติค 0-0.52 กรัม/ลิตร ตามลำดับ ชี้ให้เห็นว่าตัวอย่างไวน์ไม่มีการปนเปื้อนจากแบคทีเรียในกระบวนการผลิต

น้ำตาลและแอลกอฮอล์ ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเมื่อวัดในรูปของผลรวมของกลูโคสกับฟรุคโตส พบว่า ไวน์ทุกตัวอย่างมีค่าลดลงจากน้ำหมักเริ่มต้น ตัวอย่างไวน์ส่วนใหญ่มีปริมาณแอลกอฮอล์อยู่ในช่วง 12.5-12.63 %vol. และมีน้ำตาลเหลืออยู่ในช่วง 0-1.5 กรัม/ลิตร ซึ่งจัดอยู่ในมาตรฐานของ Dry wine คือต้องมีค่าไม่เกิน 2 กรัม/ลิตร (Accuvin, 2009) ยกเว้นไวน์ตัวอย่างที่ใช้ยีสต์สายพันธุ์ GHM ร่วมกับการเติมแอมโมเนียมฟอสเฟตที่ 300 มิลลิกรัม/ลิตร มีปริมาณน้ำตาลเหลืออยู่ 24.3 กรัม/ลิตร สอดคล้องกับปริมาณแอลกอฮอล์ที่มีค่าต่ำสุดระหว่างตัวอย่างคือ 11.63 % vol. ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าปริมาณแอมโมเนียมฟอสเฟตมีผลกระตุ้นต่อการใช้น้ำตาลของยีสต์ในการเจริญเติบโตและทำให้เกิดการหมักอย่างสมบูรณ์ (Graham, 2002) ปริมาณน้ำตาลและปริมาณกรดเริ่มต้นในน้ำหมัก ตลอดจนความสามารถของยีสต์แต่ละสายพันธุ์มีผลต่อการสร้างแอลกอฮอล์ในระหว่างการหมัก (Jackson, 1994)

ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ทำหน้าที่ป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล และยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (Ribereau-Gayon *et al*., 2000) ควรลดปริมาณการใช้สารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ให้อยู่ในปริมาณที่เหมาะสม (Beech and Jarvis, 1989) และให้มีปริมาณต่ำที่สุด สิ่งสำคัญคือต้องลดค่า Sulphur binding capacity ซึ่งได้จากผลรวมของสารประกอบคาร์บอนิล 3 ชนิดหลักที่มักพบในไวน์คือ Acetaldehyde, Pyruvate, และ α-Ketoglutarate เพื่อป้องกันไม่ให้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ไปจับกับสารเหล่านี้ อันจะส่งผลทำให้เหลือ Free Sulphur dioxide อยู่ในผลิตภัณฑ์สูงขึ้น (Jarvis and Andrew, 2000) ไวน์ควรมี Free Sulphur dioxide 30-50 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งเพียงพอในการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และยังสามารถรักษาสีของไวน์ได้ดีโดยไม่ฟอกสี (Jackson, 1994)

Jitjaroen (2007) พบว่า การใช้แอมโมเนียมฟอสเฟตที่ระดับ 1000 มิลลิกรัม/ลิตร ร่วมกับยีสต์สายพันธุ์ SIHA3 สร้างสารประกอบคาร์บอนิลต่ำ พบในการทำไวน์เม่า 26 มิลลิกรัม/ลิตร และไวน์กระท้อน 23 มิลลิกรัม/ลิตร จากผลการศึกษา พบว่า ไวน์ตัวอย่างมีปริมาณ Acetaldehyde 11.4-27.3 มิลลิกรัม/ลิตร, ไม่พบ Pyruvate, และ α-Ketoglutarate 52.6-113.2 มิลลิกรัม/ลิตร ได้ผลรวมของค่า Sulphur binding capacity อยู่ในช่วง 43.6-77.2 มิลลิกรัม/ลิตร โดยไวน์ตัวอย่างที่ใช้ยีสต์สายพันธุ์ Rhöne2323 ร่วมกับการเติมแอมโมเนียมฟอสเฟตที่ 300 และ 500 มิลลิกรัม/ลิตร และไวน์ตัวอย่างที่ใช้ยีสต์สายพันธุ์ GHM ร่วมกับการเติมแอมโมเนียมฟอสเฟตที่ 500 มิลลิกรัม/ลิตร ให้ค่าต่ำสุดคือ 43.68, 58.67 และ 52.82 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าตัวอย่างดังกล่าวมีความสัมพันธ์ของสายพันธุ์ยีสต์และอัตราการใช้แอมโมเนียมฟอสเฟตสำหรับการเจริญเติบโตได้ดี จึงทำให้กิจกรรมการหมักเกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์ ดังนั้นจึงทำให้เหลือปริมาณของสารเมตาบอไลท์ (Metabolites หรือ Secondary products) ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการหมักได้น้อยกว่าหน่วยทดลองอื่น

ค่าความเข้มสี ไวน์แดงจะดูดกลืนแสงต่ำสุดและสูงสุดที่ความยาวคลื่น 420 และ 520 nm ตามลำดับ ที่ 420 nm จะแสดงรงควัตถุสีเหลือง/สีน้ำตาล (แทนนินและสารฟีนอลิกที่ถูกออกซิไดซ์) และที่ 520 nm จะแสดงปริมาณรงควัตถุสีแดงทั้งหมด ทั้งนี้ขึ้นกับค่าพีเอช และปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โดยซัลเฟอร์ไดออกไซด์อิสระสามารถเชื่อมพันธะกับแอนโธไซยานินเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน (Anthocyanin-SO_2 complex) ซึ่งมีผลต่อการฟอกสีของรงควัตถุสีแดง (Zoecklein *et al*., 1995) ไวน์องุ่นแดงมีค่าความเข้มสี (Colour intensity) 5.745 และค่าตัวสี (Hue) 0.55 (Kazuya *et al*., 2007) Zoecklein *et al*. (1995) พบว่า ไวน์องุ่นแดง 3 ชนิด มีค่า Colour intensity อยู่ในช่วง 2.96-3.75 และค่า Hue อยู่ในช่วง 0.6-1.0 ผลการศึกษา พบว่า ไวน์เม่าทุกหน่วยทดลองมีค่าสีแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย โดยมีค่า Colour intensity 2.85-3.46 และค่า Hue 1.65-1.80 และสูงสุดในหน่วยทดลองที่มีการใช้ยีสต์สายพันธุ์ Rhöne2323 ร่วมกับการใช้แอมโมเนียมฟอสเฟต 300 และ 500 มิลลิกรัม/ลิตร และการใช้ยีสต์สายพันธุ์ GHM ร่วมกับการใช้แอมโมเนียมฟอสเฟต 500 มิลลิกรัม/ลิตร โดยทั่วไปแล้วซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีคุณสมบัติฟอกสีของแอนโธไซยานินที่มีอยู่ในไวน์ ซึ่งภายหลังยุติการหมักแล้วมีการปรับให้

ทุกตัวอย่างมีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์อิสระเท่ากันคือ 30 มิลลิกรัม/ลิตร ดังนั้นการที่ตัวอย่างดังกล่าวมีค่าปริมาณ Sulphur binding capacity ต่ำจึงทำให้เติมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในปริมาณที่ลดลงตามไปด้วย (Jarvis and Andrew, 2000) ไวน์ตัวอย่างจึงถูกซัลเฟอร์ไดออกไซด์ฟอกสีน้อยกว่าและมีค่าความเข้มสีสูงกว่าตัวอย่างอื่น

สรุป จากผลการคุณภาพทางเคมีและกายภาพ จะเห็นได้ว่าตัวอย่างไวน์เม่าทุกหน่วยมีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของไวน์ แต่ยังมีอัตราการสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ค่อนข้างต่ำ โดยมีตัวอย่างไวน์ ที่มีการใช้สายพันธุ์ยีสต์ GHM ร่วมกับการใช้แอมโมเนียมฟอสเฟต 300 มิลลิกรัม/ลิต มีน้ำตาลรีดิวซ์ (Residual sugar) เหลืออยู่สูงกว่ามาตรฐาน Dry wine ซึ่งแสดงให้เห็นว่ายีสต์สายพันธุ์ GHM สามารถย่อยน้ำตาลให้เป็นเอธิลแอลกอฮอล์ได้ต่ำกว่าหน่วยทดลองอื่นๆ หรือที่เรียกว่า เกิดกิจกรรมการหมักไม่สมบูรณ์ (Incomplete fermentation) และอาจต้องการใช้สารอาหารเพิ่มขึ้นในระหว่างการหมัก

จากผลการศึกษาจะเห็นได้ว่าหน่วยทดลองที่มีการใช้ยีสต์สายพันธุ์ Rhöne2323 ร่วมกับการใช้แอมโมเนียมฟอสเฟต 300, และ 500 มิลลิกรัม/ลิตร และการใช้ยีสต์สายพันธุ์ GHM ร่วมกับการใช้แอมโมเนียมฟอสเฟต 500 มิลลิกรัม/ลิตร มีค่า Sulphur binding capacity ต่ำกว่าตัวอย่างอื่น **ดังนั้นจึงได้คัดเลือกไวน์เม่าจำนวน 3 สิ่งทดลองไปทำการศึกษาการหมักแบบมาโลแลคติค ในหัวข้อที่ 2 ต่อไป**

1.3 ผลการหมักแบบมาโลแลคติกไวน์เม่า

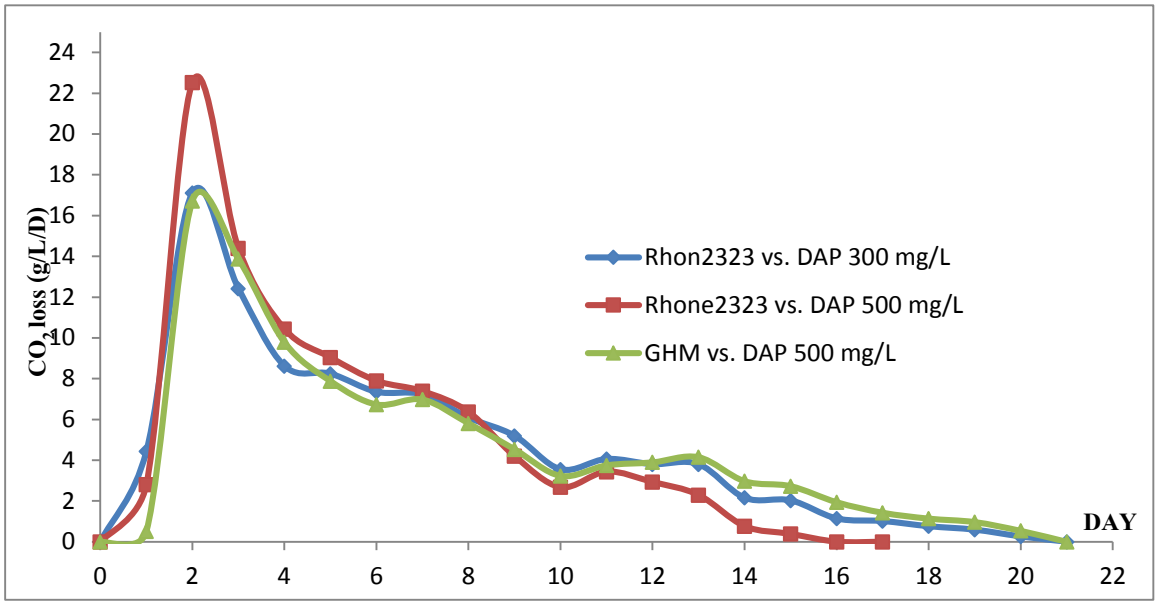
ทำการคัดเลือกไวน์เม่าตัวอย่างจากข้อที่ 1.2 เพื่อศึกษาการลดกรดด้วยวิธีการหมักแบบมาโลแลคติกจำนวน 3 สิ่งทดลอง ได้แก่ 1. การใช้ยีสต์สายพันธุ์ Rhöne2323 ร่วมกับแอมโมเนียมฟอสเฟต 300 มิลลิกรัม/ลิตร 2. การใช้ยีสต์สายพันธุ์ Rhöne2323 ร่วมกับแอมโมเนียมฟอสเฟต 500 มิลลิกรัม/ลิตร และ 3. การใช้ยีสต์สายพันธุ์ GHM ร่วมกับแอมโมเนียมฟอสเฟต 500 มิลลิกรัม/ลิตร แต่เนื่องจากทั้ง 3 สิ่งทดลองยังมีการสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในระหว่างการหมักค่อนข้างต่ำ ดังนั้นจึงปรับน้ำหมักในขั้นตอนนี้ด้วยการหมักน้ำเม่าร่วมกับกาก มีวัตถุประสงค์เพื่อให้สารอาหารที่มีอยู่ในเนื้อเม่าถูกสกัดออกมาอยู่ในน้ำเม่าได้มากขึ้น เป็นการเพิ่มสารอาหารให้แก่ยีสต์ใช้ในกิจกรรมการหมัก

ทำการเตรียมน้ำหมักโดยใช้น้ำเม่าหมักร่วมกับกากเม่า เติมเชื้อยีสต์ และแอมโมเนียมฟอสเฟตที่แตกต่างกันทั้ง 3 สิ่งทดลอง แล้วหมักที่อุณหภูมิ 20°ซ จนกระทั่งยีสต์ยุติการหมัก แล้วจึงเติมเชื้อมาโลแลคติคแบคทีเรีย Ellos 1 หมักต่อเป็นครั้งที่สอง ทำการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและกายภาพ (รูปที่ 4.10-4.13) ผลปรากฏดังนี้

1.3.1 องค์ประกอบทางเคมีของไวน์เม่าที่ผ่านการหมักแบบมาโลแลคติก

ไวน์ตัวอย่างมีการสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดอยู่ในช่วง 16.7-22.5 กรัม/ลิตร/วัน (รูปที่ 4.10) ในวันที่ 2 และ 3 แล้วจึงลดลงจนมีปริมาณคงที่และยุติการหมักในวันที่ 17 โดยตัวอย่างไวน์ที่หมักด้วยยีสต์สายพันธุ์ Rhöne2323 ร่วมกับแอมโมเนียมฟอสเฟต 500 มิลลิกรัม/ลิตร มีการสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุด คือ 22.53 กรัม/ลิตร/วัน รองลงมาคือตัวอย่างไวน์ที่ใช้ยีสต์สายพันธุ์ Rhöne2323 ร่วมกับแอมโมเนียมฟอสเฟต 300 มิลลิกรัม/ลิตร และ ยีสต์สายพันธุ์ GHM ร่วมกับแอมโมเนียมฟอสเฟต 500 มิลลิกรัม/ลิตร เท่ากันคือ 16.44 กรัม/ลิตร/วัน การหมักน้ำเม่าร่วมกับกากมีผลทำให้ไวน์ทุกตัวอย่างมีการสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงขึ้นจาก 10.96-14.77 กรัม/ลิตร/วัน เป็น 16.7-22.5 กรัม/ลิตร/วัน และทุกตัวอย่างใช้ระยะเวลาในการหมักลดลงจากเดิม 20 วัน เป็น 18 วัน (เปรียบเทียบกับข้อ 1.2) เพราะมีการสกัดสารอาหารจากกากเม่าได้สูงขึ้น เช่นเดียวกับการทำไวน์องุ่นนิยมให้มีขั้นตอนการแช่หรือหมักน้ำองุ่นพร้อมกากและเมล็ดองุ่น เพื่อเพิ่มความเข้มสี กลิ่น ความเผื่อนฝาด ความสมดุลของรสชาติ และสารประกอบฟีนอล (Bisson, 2012) มีสารประกอบไนโตรเจนที่ละลายได้ซึ่งส่วนใหญ่เป็นกรดอะมิโนมีปริมาณสูงขึ้น ได้แก่ แอลฟา-อาลานิน (α-Alanine), ซีรีน (Serine) และ แกมม่า-อะมิโนบิวทิเรต (γ-Aminobutyrate) โดยเฉพาะเมื่อแช่กากองุ่นในบรรยากาศที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Sneyd and Tranchina, 1989)

ผลการศึกษา องค์ประกอบทางเคมีของไวน์เม่าที่ผ่านการหมักแบบมาโลแลคติกแล้ว พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างสิ่งทดลอง ($p \leq 0.01$) (ตารางที่ 4.4) ชี้ให้เห็นว่า และกระบวนการหมักเป็นไปตามมาตรฐาน โดยมีค่าพีเอช 3.1-3.2 ปริมาณกรด 6.23-6.36 กรัม/ลิตร ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 5.3-6.0 Brix ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด 0-0.27 กรัม/ลิตร แอลกอฮอล์ 12.5-12.8 %vol. และตัวอย่างมีค่า Sulphur binding capacity ต่ำและใกล้เคียงกันคือ 41.66-44.68 มิลลิกรัม/ลิตร แสดงว่าการปรับคุณภาพน้ำหมักมีผลทำให้กิจกรรมการหมักของยีสต์เกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพขึ้น



รูปที่ 4.10 การหมักน้ำเม่าร่วมกับกากเม่าที่มีผลต่อการสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในระหว่างการหมักไวน์เม่า

การหมักไวน์แบบมาโลแลคติก เป็นการหมักครั้งที่สองที่เกิดขึ้นต่อจากการหมักด้วยยีสต์ โดยเชื้อมาโลแลคติคแบคทีเรีย จะทำการเปลี่ยนกรดมาลิกซึ่งให้รสเปรี้ยวกระด้างให้กลายเป็นกรดแลคติกซึ่งให้รสเปรี้ยวที่นุ่มนวลกว่า (Bisson, 2012) ทำให้ไวน์มีปริมาณกรดลดลงได้ประมาณ 1 ถึง 3 กรัม/ลิตร ค่าพีเอชเพิ่มขึ้นประมาณ 0.1-0.3 หน่วย และทำให้ไวน์มีกลิ่นรสเฉพาะ การหมักด้วยยีสต์สามารถเพิ่มกลิ่นเขียวคล้ายหญ้าหรือพืชผัก แต่การหมักแบบมาโลแลคติคจะช่วยทำให้ลดกลิ่นเหล่านี้ลงและเพิ่มกลิ่นผลไม้ จึงนิยมใช้กับการหมักไวน์แดงที่มีคุณภาพสูง ผลการศึกษาเมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการหมักแบบมาโลแลคติค พบว่า ไวน์ตัวอย่างมีค่าพีเอชสูงขึ้นจากเดิมเล็กน้อยคือจาก 3.30 เป็น 3.32 โดยมีปริมาณกรดทั้งหมด กรดมาลิค กรดแลคติค และกรดซิตริค แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.01$) (รูปที่ 4.13 และตารางที่ 4.4) ทุกหน่วยทดลองมีกรดอินทรีย์ส่วนใหญ่สูงขึ้นเล็กน้อย ยกเว้นกรดมาลิคมีค่าลดลงจาก 0.28-0.37 กรัม/ลิตร เป็นศูนย์ ตรงกันข้ามกับกรดแลคติคมีค่าสูงขึ้นจาก 0.61-0.92 กรัม/ลิตร เป็น 1.18-1.29 กรัม/ลิตร ชี้ให้เห็นว่าแบคทีเรียสามารถย่อยกรดมาลิคให้กลายเป็น

กรดแลคติคได้อย่างสมบูรณ์ (Complete malolactic fermentation) และกรดซิตริคลดลงประมาณ 0.41-0.56 กรัม/ลิตร ค่าปริมาณกรดทั้งหมดลดลงจาก 7.5-7.7 กรัม/ลิตร เป็น 6.03-6.36 กรัม/ลิตร แสดงให้เห็นว่า การหมักแบบมาโลแลคติคสามารถลดความเป็นกรดในไวน์เม่าลงได้ถึง 1.26-1.47 กรัม/ลิตร ซึ่งใกล้เคียงกับเกณฑ์ทั่วไปในการทำมาโลแลคติคไวน์องุ่นสามารถทำให้ความเป็นกรดลดลง 1.5-4.0 กรัม/ลิตร (Bisson, 2012)

รูปที่ 4.11 ลักษณะประกฏของไวน์ตัวอย่างที่ได้จากการศึกษาการหมักแบบมาโลแลคติก

ตารางที่ 4.3 การหมักแบบมาโลแลคติกที่มีผลต่อพารามิเตอร์การหมักของไวน์เม่า

Components[1]	Mao wine treatments		
	Rhöne2323 DAP 300 mg/L	Rhöne2323 DAP 500 mg/L	GHM DAP 500 mg/L
TSS (^{o}Brix)	5.30^{ns}	5.86	6.00
Glucose (g/L)	0^{ns}	0	0
Fructose (g/L)	0^{b}	0^{b}	0.27^{a}
Sucrose (g/L)	0^{ns}	0	0
Total sugar[1] (g/L)	0	0	0.27^{a}
Alcohol (% vol)	12.56^{ns}	12.80	12.50
Acetaldehyde (mg/L)	18.27^{ns}	18.51	18.88
Pyruvate (mg/L)	ND	ND	ND
α-Ketoglutarate (mg/L)	41.36^{a}	31.41^{b}	36.35^{c}
Sulphur binding capacity[2] (mg/L)	44.68^{a}	40.66^{b}	43.37^{a}

[1] based on the calculation of totally glucose and fructose contents

[2] based on the calculation of acetaldehyde, pyruvate, and α-ketoglutarate with their factors

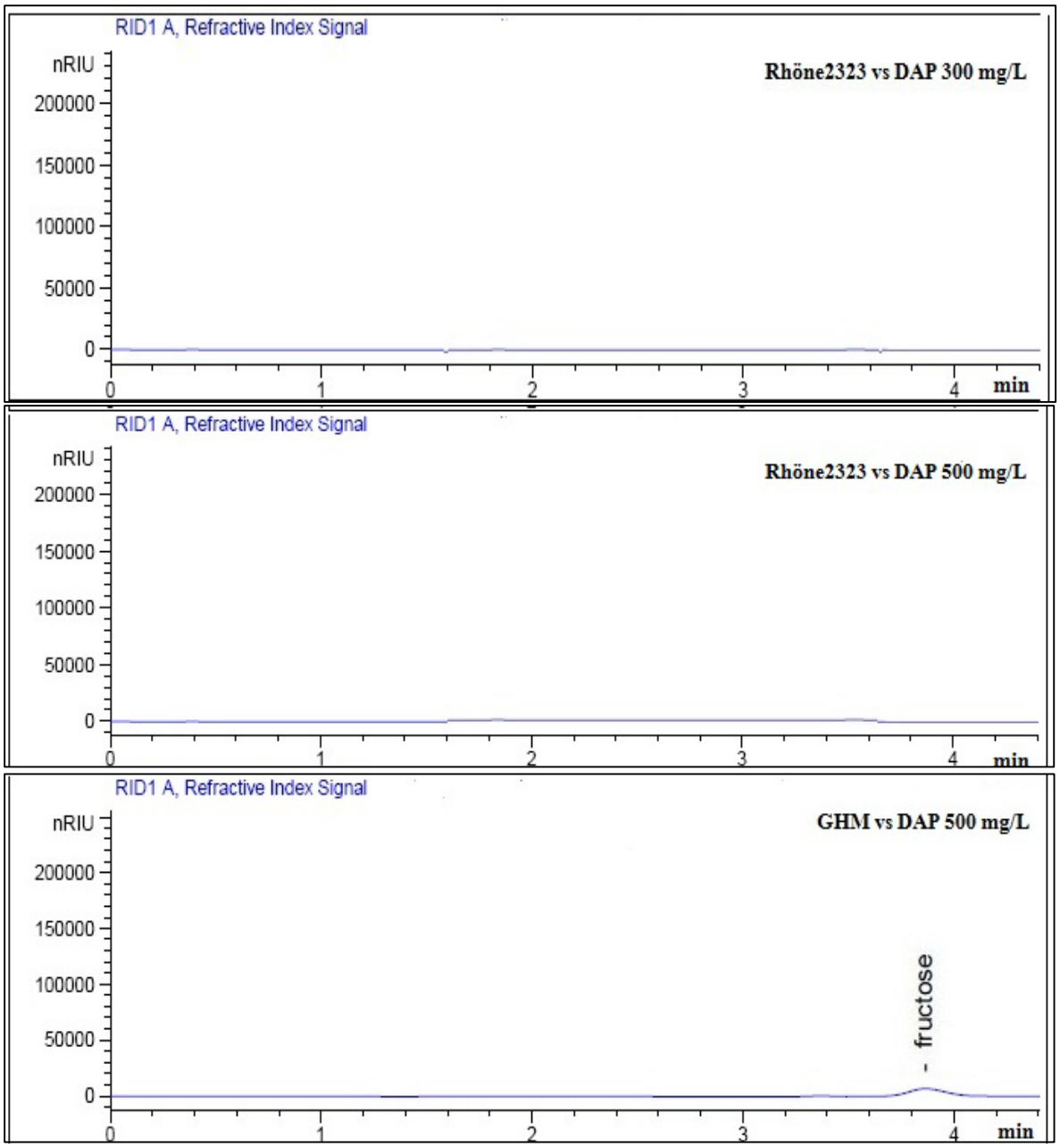
ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบคุณภาพชนิดของกรดก่อนและหลังการหมักแบบมาโลแลคติกในไวน์เม่า

Component[1]	Mao wine treatment								
	Yeast Rhöne2323 DAP 300 mg/L			Yeast Rhöne2323 DAP 500 mg/L			Yeast GHM DAP 500 mg/L		
	Before MLF[2]	After MLF	ΔT[3]	Before MLF	After MLF	ΔT	Before MLF	After MLF	ΔT
pH	3.30	3.32	0.02	3.30	3.31	+0.01	3.31	3.32	+0.01
Titratable acidity[1](g/L)	7.52	6.26	-1.26	7.7	6.23	-1.47	7.7	6.36	-1.34
Citric acid (g/L)	2.85	2.29	-0.56	2.85	2.41	-0.44	2.97	2.56	-0.41
Tartaric acid (g/L)	0.73	0.89	+0.16	0.97	1.01	+0.04	0.70	1.00	+0.30
Malic acid (g/L)	0.28	0	-0.28	0.37	0	-0.37	0.35	0	-0.35
Lactic acid (g/L)	0.69	1.29	+0.6	0.61	1.18	+0.57	0.92	1.25	+0.33
Acetic acid (g/L)	0.07	0.06	-0.01	0.03	0.06	+0.03	0.02	0.04	+0.02
Succinic acid (g/L)	0.99	0.79	-0.20	0.84	0.89	+0.05	0.57	0.66	+0.09

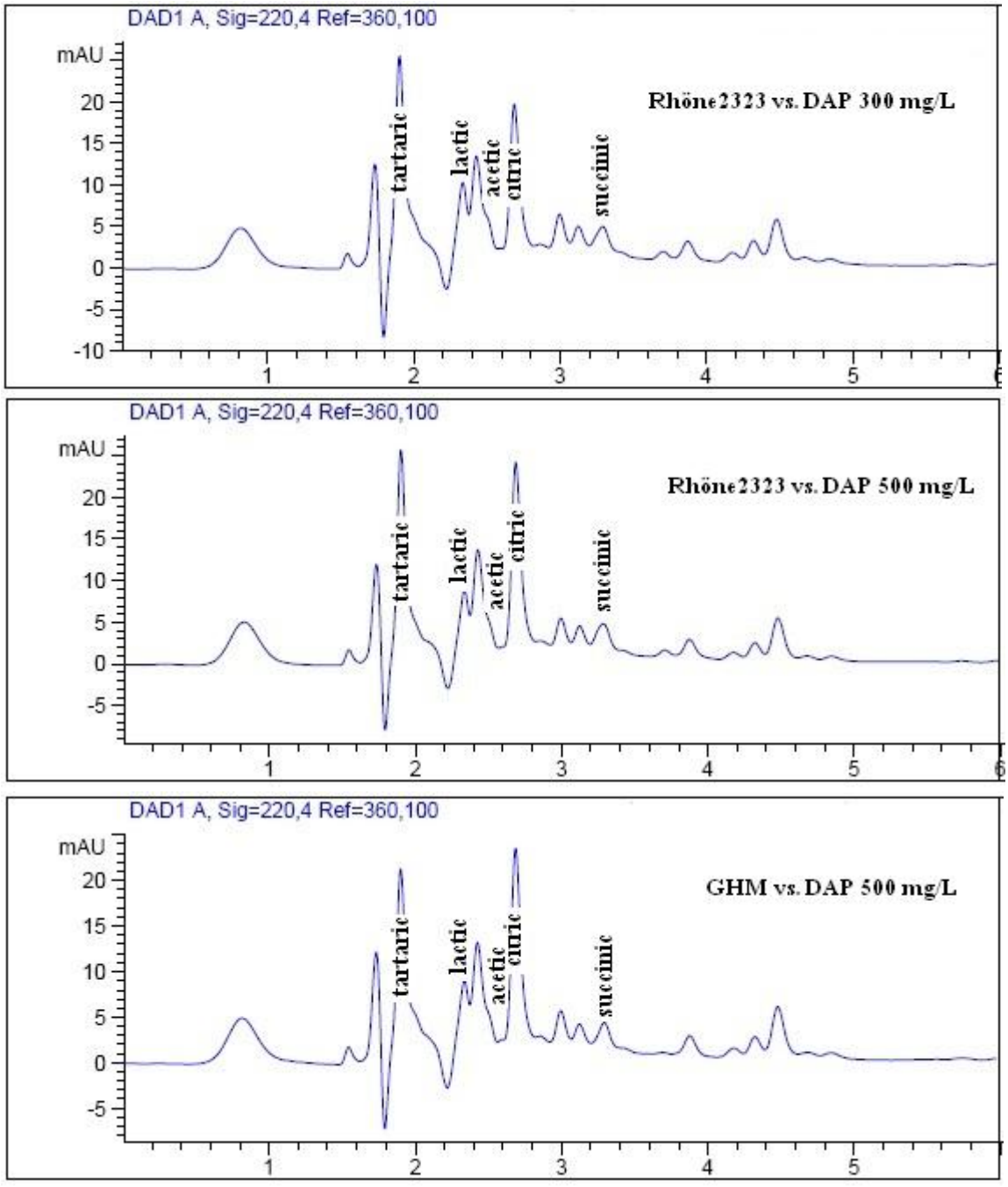
[1] as citric acid

[2] Malolactic fermentation

[3] Different between before and after Malolactic fermentations



รูปที่ 4.12 การหมักแบบมาโลแลคติกที่มีผลต่อชนิดและปริมาณของน้ำตาลในการหมักไวน์เม่า



รูปที่ 4.13 การหมักแบบมาโลแลคติกที่มีผลต่อชนิดและปริมาณของกรดอินทรีย์ในการหมักไวน์เม่า

1.3.2 อนุพันธ์แอนโธไซยานิน ฟีนอล และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

1) ชนิดและปริมาณของอนุพันธ์แอนโธไซยานิน

แอนโธไซยานินเป็นสารสีที่พบในมะเม่าทั้งผล เมื่อเริ่มสุกก็จะมีการเปลี่ยนแปลงจากสีแดงเป็นสีม่วงดำถึงเกือบดำ สีของแอนโธไซยานินจะเปลี่ยนแปลงไปตามสภาวะความเป็นกรดด่าง ในสภาวะกรดจะมีสีแดง และในสภาวะที่เป็นกลางจะมีสีม่วงและสภาวะที่เป็นด่างจะมีสีน้ำเงิน (Harborne, 1989) โดยแอนโธไซยานินที่มีพันธะคู่และโครงสร้างที่แตกต่างกันจะทำให้อิเล็กตรอนสามารถเคลื่อนที่ได้ทั่วโมเลกุล (Delocalization) สามารถเพิ่มฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ส่งผลให้สีและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมีความแตกต่างกันออกไป (Virachnee *et al*., 2008; โอภา และคณะ, 2550) อนุพันธ์แอนโธไซยานินชนิด Cyanidin-3-glucoside จะมีความเสถียรมากกว่าชนิด Pelargonidin-3-glucoside และ Delphinidin-3-glucoside ตามลำดับ (Cabrita, 2000)

ผลการศึกษาชนิดของอนุพันธ์แอนโธไซยานินในไวน์ตัวอย่าง จำนวน 3 สิ่งทดลอง คือ การใช้ยีสต์สายพันธุ์ Rhöne2323 ร่วมกับแอมโมเนียมฟอสเฟต 300 และ 500 มิลลิกรัม/ลิตร และยีสต์สายพันธุ์ GHM ร่วมกับแอมโมเนียมฟอสเฟต 500 มิลลิกรัม/ลิตร พบว่า มีอนุพันธ์แอนโธไซยานินจำนวน 12-15 ชนิด โดยตัวอย่างไวน์ที่หมักด้วยยีสต์สายพันธุ์ GHM ร่วมกับแอมโมเนียมฟอสเฟต 500 มิลลิกรัม/ลิตร พบอนุพันธ์แอนโธไซยานินสูงกว่าสิ่งทดลองอื่นคือจำนวน 15 ชนิด ผลดังตารางที่ 4.5 แสดงค่า Peak area contribution (%) ของชนิดอนุพันธ์แอนโธไซยานิน ดังต่อไปนี้

การหมักไวน์เม่าด้วยยีสต์สายพันธุ์ Rhöne2323 ร่วมกับแอมโมเนียมฟอสเฟต 300 มิลลิกรัม/ลิตร พบอนุพันธ์แอนโธไซยานินจำนวน 12 ชนิด ประกอบด้วย Peodinin-3-arabinoside, Cyadinin-3-glucoside, Peonidin-3-glucoside (หรือ Malvidin-3-arabinoside), Delphinidin-3-galactoside (หรือ Delphinin-3-glucoside), Malvidin-3-glucoside, Delphinidin-3-(6-acetyl)-glucoside, Cyanidin-3-sambubiose (หรือ Catechyl-pyranocyanidin-3-glucoside), Cyanidin-3-rutinoside, Peonidin-3-rutinoside (หรือ Peonidin-3-(6-p-coumaroyl)-glucoside), Delphinin-3-(6-p-coumaroyl)-glucoside (หรือ Delphinin-3-rutinoside หรือ Cyanidin-3,5-dihexoside หรือ Cyanidin-3,5-diglucoside), Peonidin-3-(6-p-caffeoyl)-glucoside, และ Cyanidin-3-sambubiose-5-glucose (หรือ Cyanidin-3-sophoroside-5-xyloside)

การหมักไวน์เม่าด้วยยีสต์สายพันธุ์ Rhöne2323 ร่วมกับแอมโมเนียมฟอสเฟต 500 มิลลิกรัม/ลิตร พบอนุพันธ์แอนโธไซยานินจำนวน 13 ชนิด ประกอบด้วย Peonidin-3-arabinoside, Cyanidin-3-glucoside, Peonidin-3-glucoside (หรือ Malvidin-3-arabinoside), Delphinidin-3-galactoside (หรือ Delphinin-3-glucoside), Malvidin-3-glucoside, Delphinidin-3-(6-acetyl)-glucoside, Cyanidin-3-sambubiose (หรือ Catechyl-pyranocyanidin-3-glucoside), Cyanidin-3-rutinoside, Peonidin-3-

rutinoside (หรือ Peonidin-3-(6-p-coumaroyl)-glucoside), Delphinin-3-(6-p-coumaroyl)-glucoside (หรือ Delphinin-3-rutinoside หรือ Cyanidin-3,5-dihexoside หรือ Cyanidin-3,5-diglucoside), Peonidin-3-(6-p-caffeoyl)-glucoside, Malvidin-3-rutinoside-5-glucoside และ Cyanidin-3-sambubiose-5-glucose (หรือ Cyanidin-3-sophoroside-5-xyloside)

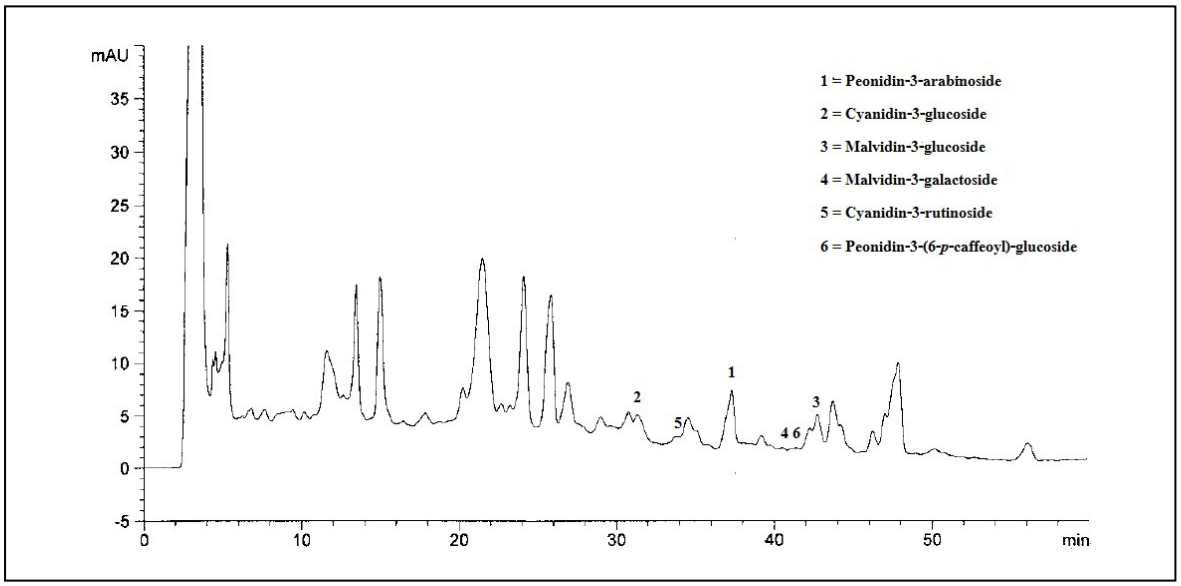
การหมักไวน์เม่าด้วยยีสต์สายพันธุ์ GHM ร่วมกับแอมโมเนียมฟอสเฟต 500 มิลลิกรัม/ลิตร พบอนุพันธ์แอนโธไซยานินจำนวน 15 ชนิด ประกอบด้วย Cyanidin-3-arabinoside, Peonidin-3-arabinoside, Delphinidin-3-arabinoside, Cyanidin-3-glucoside, Peonidin-3-glucoside หรือ Malvidin-3-arabinoside, Delphinidin-3-galactoside (หรือDelphinin-3-glucoside), Malvidin-3-glucoside, Malvidin-3-galactoside, Cyanidin-3-sambubiose (หรือ Catechyl-pyranocyanidin-3-glucoside), Cyadinin-3-rutinoside, Peonidin-3-rutinoside (หรือ Peonidin-3-(6-p-coumaroyl)-glucoside), Delphinin-3-(6-p-coumaroyl)-glucoside หรือ Delphinin-3-rutinoside (หรือ Cyanidin-3,5-dihexoside หรือ Cyanidin-3,5-diglucoside), Peonidin-3-(6-p-caffeoyl)-glucoside, Cyanidin-3-sambubiose-5-glucose (หรือ Cyanidin-3-sophoroside-5-xyloside), และ Malvidin-3-rutinoside-5-glucoside

เมื่อเปรียบเทียบการใช้ยีสต์สายพันธุ์ GHM ร่วมกับแอมโมเนียมฟอสเฟต 500 มิลลิกรัม/ลิตร กับไวน์องุ่นบางชนิด พบว่า มีชนิดของอนุพันธ์ของแอนโธไซยานินมากกว่าในไวน์องุ่น เช่น ไวน์แดงจากองุ่นพันธุ์ Tannat ที่ผลิตในค.ศ. 2002 จากประเทศชิลี และตัวอย่างไวน์แดง 10 ชนิดจากประเทศสโลเวเนียที่ผลิตจากองุ่นพันธุ์ Melot, Carbenet Sauvignon และ Pinot Noir พบอนุพันธ์ของแอนโธไซยานินจำนวน 13 ชนิด (David *et al*., 2004; Iztok *et al*., 2004) แต่ก็ยังน้อยกว่าไวน์บางประเภท เช่น ไวน์แดง 6 ชนิดที่ผลิตในค.ศ. 2005 และ 2007 จากประเทศสาธารณรัฐเช็ค ที่พบอนุพันธ์ของแอนโธไซยานินจำนวน 22 ชนิด (Lucie *et al*., 2010) พอร์ทไวน์ (Port wine) มีอายุการหมัก 1 ปี ของประเทศโปรตุเกส และไวน์องุ่นพันธุ์ Merlot ของ Mission Bell Winery รัฐแคลิฟอร์เนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา พบอนุพันธ์ของแอนโธไซยานินจำนวน 20 ชนิด (Nuno *et al*., 2002; McDougall *et al*., 2005) ความแตกต่างของชนิดแอนโธไซยานินจะขึ้นอยู่กับน้ำตาลที่มาเกาะกับ Aglycone (Anthocyadinin) หลัก 6 ชนิด ส่วนใหญ่คือ Cyanidin ร้อยละ 55 ซึ่งแอนโธไซยานินที่ได้จากผลไม้ส่วนใหญ่จะเป็นกลุ่ม Cyanidin-3-glucoside (Suh *et al.*, 2003; Xeuming *et al.,* 2004) รองลงมาคือ Peonidin และ Delphinidin อย่างละร้อยละ 12, Pelargonidin ร้อยละ 8 และ Malvidin และ Petunidin ร้อยละ 6

ผลการศึกษาชนิดของอนุพันธุ์ของแอนโธไซยานินในไวน์ตัวอย่างที่พบแตกต่างกันและบางชนิดยังไม่สามารถระบุให้ชัดเจน ซึ่งการจะยืนยันให้แน่ชัดว่าเป็นชนิดใดจะต้องทำการวิเคราะห์ในระดับ LC/MS/MS (Qinggo *et al*., 2005) เนื่องจากอนุพันธุ์ของแอนโธไซยานินบางชนิดมีค่าอัตราส่วนมวลต่อประจุ (m/z) เท่ากัน ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Romina (2004) พบว่า เกสรผึ้งสีน้ำเงินเข้ม

มีแอนโธไซยานิน 8 ชนิด แต่สามารถแยกยืนยันโดย HPLC/MS ได้ 6 ชนิด และอีก 2 ชนิดโดย HPLC/MS/MS

ไวน์เม่าทุกตัวอย่างมีอนุพันธ์แอนโธไซยานินหลักคือ Cyanidin และ Peonidin โดยอนุพันธ์หลักที่พบในไวน์เม่าตัวอย่างที่ใช้ยีสต์สายพันธุ์ Rhöne2323 ร่วมกับแอมโมเนียมฟอสเฟต 300 มิลลิกรัม/ลิตร คือ Cyanidin-3-glucoside ร้อยละ 22.20, Peonidin-3-glucoside (หรือ Malvidin-3-arabinoside) ร้อยละ 15.37 และ Cyanidin-3-sambubiose (หรือ Catechyl-pyranocyanidin-3-glucoside) ร้อยละ 13.06 ส่วนอนุพันธ์หลักที่พบในไวน์เม่าตัวอย่างที่ใช้ยีสต์สายพันธุ์ Rhöne2323 ร่วมกับแอมโมเนียมฟอสเฟต 500 มิลลิกรัม/ลิตร คือ Peonidin-3-glucoside หรือ Malvidin-3-arabinoside ร้อยละ 20.65, Cyanidin-3-glucoside ร้อยละ14.38 และ Cyanidin-3-sambubiose-5-glucose (หรือ Cyanidin-3-sophoroside-5-xyloside) ร้อยละ 13.14 และอนุพันธ์หลักที่พบในไวน์เม่าตัวอย่างที่ใช้ยีสต์สายพันธุ์ GHM ร่วมกับแอมโมเนียมฟอสเฟต 500 มิลลิกรัม/ลิตร คือ Cyanidin-3-sambubiose (หรือ Catechyl-pyranocyanidin-3-glucoside) ร้อยละ 19.25, Peonidin-3-glucoside (หรือ Malvidin-3-arabinoside) ร้อยละ 17.57 และ Cyanidin-3-glucoside ร้อยละ 17.44



รูปที่ 4.14 ตัวอย่างโครมาโตแกรมที่ได้จากการวิเคราะห์ปริมาณแอนโธไซยานินในน้ำเม่าด้วยวิธี HPLC/MS

จากการศึกษาปริมาณอนุพันธ์ของแอนโธไซยานินบางชนิดในไวน์เม่าตัวอย่าง พบว่า ทั้ง 3 สิ่งทดลองมีปริมาณ Peonidin-3-arabinoside, Cyanidin-3-glucoside, Malvidin-3-glucoside, Cyanidin-3-rutinoside และ Peonidin-3-(6-p-caffeoyl)-glucoside อยู่ในช่วง 1.63-3.22, 8.33-10.76, 2.22-2.83, 0.62-1.11 และ 0.64-0.84 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ โดยพบ Malvidin-3-galactoside ปริมาณ 0.31 มิลลิกรัม/ลิตรเฉพาะในไวน์ตัวอย่างที่หมักด้วยยีสต์สายพันธุ์ GHM ร่วมกับแอมโมเนียมฟอสเฟต 500 มิลลิกรัม/ลิตรเท่านั้น เมื่อเปรียบเทียบกับไวน์แดง เช่น ไวน์จากองุ่นพันธุ์ Tempranillo ของประเทศสเปน โดย

ไวน์เม่าทุกตัวอย่างมีปริมาณ Cyanidin-3-glucoside และ Peonidin-3-(6-p-caffeoyl)-glucoside สูงกว่าไวน์องุ่นที่มีเพียง 2.87 และ 0.25 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ แต่พบ Malvidin-3-glucoside ต่ำกว่า โดยพบในไวน์องุ่น 128.09-209 มิลลิกรัม/ลิตร (Moreno *et al*., 2008; Soriano *et al*., 2007) ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยของ Ana *et al.* (2010) ที่พบ Malvidin-3-glucoside 57.1 มิลลิกรัม/ลิตร ในไวน์แดงจากองุ่นพันธุ์ Carbernet Sauvignon ที่ผลิตในค.ศ. 2007

ตารางที่ 4.5 เปรียบเทียบชนิด และ Peak area contribution ของอนุพันธ์แอนโธไซยานินที่พบในไวน์เม่า

No.	Molecular mass (m/z)	Derivative identifications	Peak area contributions (%) Of Mao Wine Treatment		
			Rhône2323 DAP 300 mg/L	Rhône2323 DAP 500 mg/L	GHM DAP 500 mg/L
1	419	Cyanidin-3-arabinoside	nd	nd	12.16
2	433	Peonidin-3-arabinoside	4.34	2.69	0.43
3	435	Delphinidin-3- arabinoside	nd	1.37	1.36
4	449	Cyanidin-3-glucoside	22.20	14.37	17.44
5	463	Peonidin-3-glucoside or Malvidin-3-arabinoside	15.37	20.65	17.57
6	465	Delphinidin-3-galactoside or Delphinin-3-glucoside,	4.70	12.2	5.84
7	493	Malvidin-3-glucoside	5.91	2.44	0.38
8	493	Malvidin-3-galactoside	nd	nd	0.04
9	507	Delphinidin-3-(6-acetyl)-glucoside	7.59	3.78	nd
10	581	Cyanidin-3-sambubiose or Catechyl-pyranocyanidin-3- glucoside	13.06	12.77	19.25
11	595	Cyanidin-3-rutinoside	1.65	0.63	5.73
12	609	Peonidin-3-rutinoside or Peonidin-3-(6-*p*-coumaroyl)-glucoside	10.42	10.77	10.95
13	611	Delphinin-3-(6-*p*-coumaroyl)-glucoside or Delphinin-3- rutinoside or Cyanidin-3,5-dihexoside or Cyanidin-3,5- diglucoside	0.74	0.54	3.66
14	625	Peonidin-3-(6-*p*-caffeoyl)-glucoside	1.70	0.51	0.11
15	743	Cyadinin-3-sambubiose-5-glucose or Cyadinin-3-sophoroside-5-xyloside	12.32	13.14	2.92
16	801	Malvidin-3-rutinoside-5-glucoside	nd	2.07	2.15

[1]not detected

ตารางที่ 4.6 ปริมาณของอนุพันธ์แอนโธไซยานินบางชนิดที่พบในไวน์เม่า

No.	Molecular mass (m/z)	Derivative identifications	Anthocyanin contents (mg/L) Of Mao Wine Treatment		
			Yeast Rhöne2323 DAP 300 mg/L	YeastRhöne2323 DAP 500 mg/L	Yeast GHM DAP 500 mg/L
1	433	Peonidin-3-arabinoside	1.63	1.83	3.22
2	449	Cyanidin-3-glucoside	8.33	9.77	10.76
3	493	Malvidin-3-glucoside	2.22	1.66	2.83
4	493	Malvidin-3-galactoside	nd[1]	nd	0.31
5	595	Cyanidin-3-rutinoside	0.62	0.43	1.11
6	625	Peonidin-3-(6-*p*-caffeoyl)-glucoside	0.64	0.35	0.84

[1]not detected

2) **ปริมาณแอนโธไซยานิน**

แอนโธไซยานินเป็นสารประกอบฟลาโวนอยด์ มีความสามารถต้านอนุมูลอิสระได้สูงกว่าวิตามินซีมากกว่าพันเท่าและช่วยลดอัตราความเสี่ยงการเป็นมะเร็งได้ (Einbond *et al*., 2004) โดยมีปัจจัยหลายประการที่เกี่ยวข้องกับปริมาณแอนโธไซยานิน ได้แก่ สายพันธุ์ การปลูก การเก็บเกี่ยว และการเก็บรักษา สภาพความเป็นกรดด่าง ความร้อน เอนไซม์ วิตามิน ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (จริงแท้, 2538; Montserrat *et al*., 2007) แสงแดด (Yu and Bal, 2004) และผลไม้มีการสังเคราะห์แอนโธไซยานินสูงขึ้นเมื่อเข้าใกล้ระยะสุกและสูงสุดเมื่อผลสุกเต็มที่ (จริงแท้, 2538)

ผลการศึกษาปริมาณแอนโธไซยานินในไวน์เม่าจำนวน 3 สิ่งทดลองคือ การใช้ยีสต์สายพันธุ์ Rhöne2323 ร่วมกับแอมโมเนียมฟอสเฟต 300 และ 500 มิลลิกรัม/ลิตร และการใช้ยีสต์สายพันธุ์ GHM ร่วมกับแอมโมเนียมฟอสเฟต 500 มิลลิกรัม/ลิตร (ตารางที่ 4.7) พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างสิ่งทดลอง ($p \leq 0.01$) มีค่าอยู่ในช่วง 33-38 มิลลิกรัม/ลิตร แต่มีแนวโน้มว่าการใช้ยีสต์สายพันธุ์ GHM ร่วมกับแอมโมเนียมฟอสเฟต 500 มิลลิกรัม/ลิตร มีปริมาณแอนโธไซยานินสูงกว่าสิ่งทดลองอื่น โดยในตัวอย่างไวน์มีปริมาณแอนโธไซยานินต่ำกว่าน้ำเม่าประมาณ 1 เท่า เนื่องจากในขั้นตอนการเตรียม Must สำหรับการหมักไวน์เม่านั้นได้ทำการปรับปริมาณกรดเริ่มต้นให้เหมาะสมต่อกิจกรรมการหมักของยีสต์ด้วยการเติมน้ำ ดังนั้นจึงทำให้ปริมาณแอนโธไซยานินในไวน์เม่าต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับไวน์แดง เช่น ไวน์แดงจากองุ่นพันธุ์ Carbernet Sauvignon อายุการบ่ม 8 ปี ไวน์ Okuzgozu จากประเทศชิลีมีปริมาณแอนโธไซยานิน 732.1 และ 161.3 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ (Maria, 2011; Hasim *et al.,* 2007) โดยไวน์ทุกตัวอย่างมีปริมาณแอนโธไซยานินสูงขึ้นเป็นสองเท่าเมื่อเปรียบเทียบกับ Must คือเพิ่มจาก

18 มิลลิกรัม/ลิตร เป็น 33–38 มิลลิกรัม/ลิตร สอดคล้องกับงานวิจัยของ Maria (2006) พบว่า ไวน์แดงมีปริมาณแอนโธไซยานินเพิ่มขึ้นหลังจากการหมักบ่มนาน 4 เดือน

ตารางที่ 4.7 ปริมาณแอนโธไซยานิน ปริมาณฤทธิ์ต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลในน้ำเม่าและไวน์เม่าหลังยุติการหมักแบบมาโลแลคติก

Component	Juice	Must	Mao wine treatments		
			Yeast RhÖne 2323 DAP 300 mg/L	Yeast RhÖne 2323 DAP 500 mg/L	Yeast GHM DAP 500 mg/L
Total anthocyanin (mg/L)	79.00 ± 1.37	18.86 ± 0.30	33.72 ±1.19 ^{ns}	34.35 ± 1.42	37.53 ± 1.20
Total phenolic (mgGAE[1]/L)	293.47 ± 16.58	76.09 ± 0.91	88.55 ± 1.15^{b}	88.32 ± 0.72^{b}	92.42 ± 1.08^{a}
Antioxidant activity (mgTEAC[2]/L)	3625.58 ± 76.40	823.94 ± 3.66	1201.44 ± 14.91 ^{ns}	1260.60 ± 3.35	1248.18 ± 140.68

Means within the same column followed by different small letters are significantly different ($p \leq 0.01$)

[1] GAE (Gallic acid Equivalent)

[2] TEAC (Trolox Equivalent Antioxidative Capacity)

3) ปริมาณสารประกอบฟีนอล

สารประกอบฟีนอลเป็นสารที่มีความสำคัญต่อสรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยว มีปริมาณแตกต่างกันภายหลังการเก็บเกี่ยว มีคุณสมบัติในการต้านทานโรคและป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อราบางชนิดได้ เป็นสารให้สีและรสชาติฝาดเฝื่อนในอาหาร (Mauricio, 2007; Rosana *et al*., 2003) ปริมาณสารประกอบฟีนอลที่พบในพืชแต่ละชนิดจะมีความแตกต่างกันไปขึ้นกับปัจจัยหลายประการ เช่น ปีที่ปลูก วิธีการปลูก การเก็บเกี่ยว การจัดการหลังการเก็บเกี่ยว และกระบวนการแปรรูป เป็นต้น (Oviasogie *et al.,* 2009)

ผลการศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลในไวน์เม่าจำนวน 3 สิ่งทดลองคือ การใช้ยีสต์สายพันธุ์ Rhöne2323 ร่วมกับแอมโมเนียมฟอสเฟต 300 และ 500 มิลลิกรัม/ลิตร และการใช้ยีสต์สายพันธุ์ GHM ร่วมกับแอมโมเนียมฟอสเฟต 500 มิลลิกรัม/ลิตร (ตารางที่ 4.7) ผลการศึกษาพบว่าทั้ง 3 สิ่งทดองมีความแตกต่างกัน ($p>0.01$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 88–93 มิลลิกรัมGAE/ลิตร (เทียบกับ Gallic acid, $R^2 = 0.9984$; รูปที่ 4.15) ไวน์เม่าที่หมักด้วยยีสต์สายพันธุ์ GHM ร่วมกับแอมโมเนียมฟอสเฟต 500 มิลลิกรัม/ลิตร มีปริมาณสารประกอบฟีนอลสูงสุดคือ 92.48 มิลลิกรัมGAE/ลิตร มีค่าต่ำกว่าน้ำเม่าประมาณ 3 เท่า (สอดคล้องกับ ลัดดาวัลย์ และคณะ (2554) พบว่า น้ำเม่า 4 พันธุ์ คือ ฟ้าประทาน แสนโฮม ห้วยบาง และคำตา มีสารประกอบฟีนอลอยู่ในช่วง 357-862 มิลลิกรัมGAE/ลิตร) เนื่องจากในขั้นตอนการเตรียม Must สำหรับการหมักไวน์เม่านั้น ได้ทำการปรับปริมาณกรดเริ่มต้นให้เหมาะสมต่อ

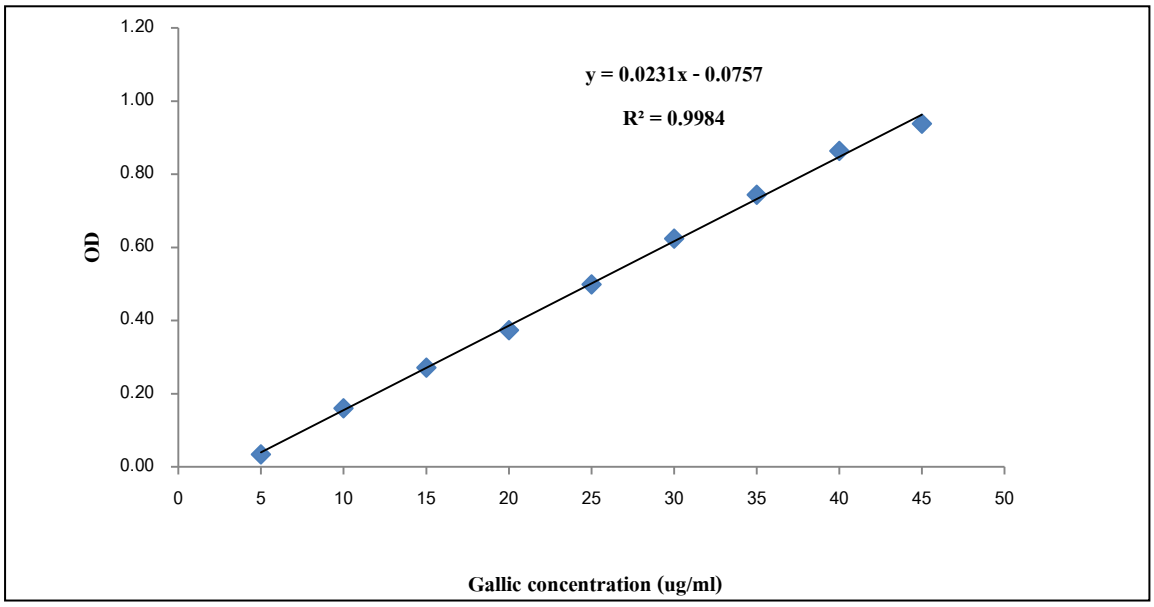
กิจกรรมการหมักของยีสต์ด้วยการเติมน้ำ ดังนั้นจึงทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลในไวน์เม่าต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับไวน์แดงที่ผลิตจากองุ่นพันธุ์ Cabernet ที่มีสารประกอบฟีนอลคือ 2005 มิลลิกรัม GAE/ลิตร และไวน์จากผลไม้ชนิดอื่น ๆ เช่น บลูเบอรี่ เชอรี่ ราสเบอรี่ แครนเบอรี่ พลัม แอปเปิล พีช ไอซ์ไวน์ (ผลิตจากองุ่น) และลูกแพร์ มีปริมาณสารประกอบฟีนอล คือ 1676, 991, 977, 971, 555, 451, 418, 493 และ 310 มิลลิกรัมGAE/ลิตร ตามลำดับ อย่างไรก็ตามไวน์ทุกตัวอย่างมีปริมาณของสารประกอบฟีนอลสูงขึ้นประมาณร้อยละ 14-22 เมื่อเปรียบเทียบกับ Must คือเพิ่มจาก 76 มิลลิกรัม GAE/ลิตร เป็น 88–93 มิลลิกรัมGAE/ลิตร เนื่องจากเอธานอลในไวน์เพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดและแตกตัวของสารประกอบฟีนอล (Nagendran *et al*., 2006)

4) ปริมาณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

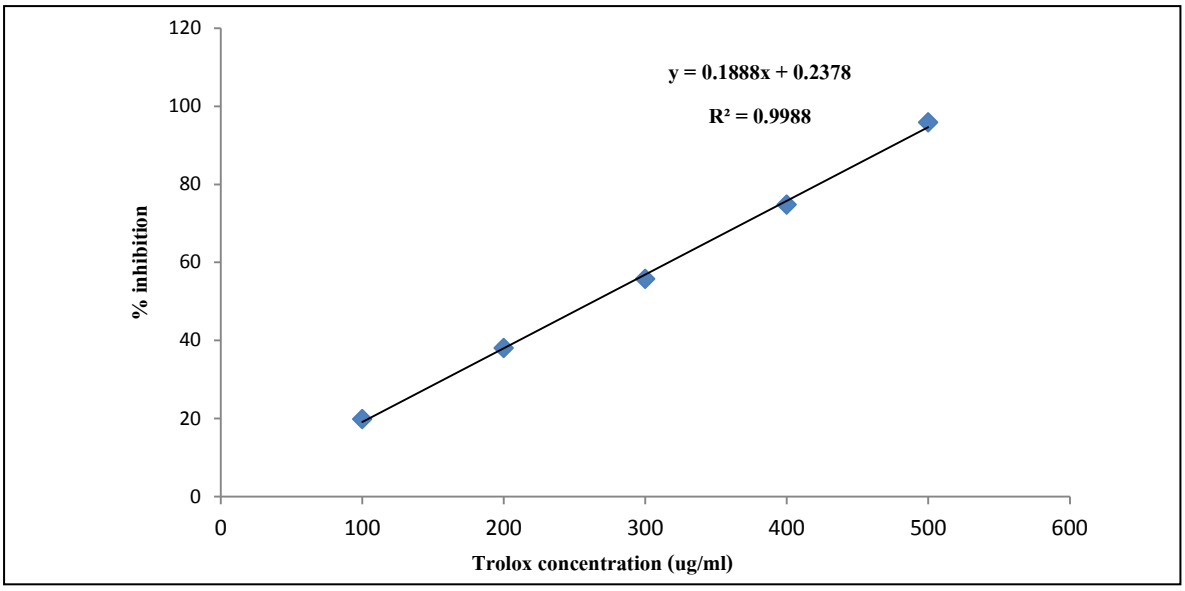
การทดสอบฤทธิ์ต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารต้านอนุมูลอิสระเพื่อใช้บอกประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระ หากฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมีค่าสูงแสดงว่ามีประสิทธิภาพในการต้านการเกิดอนุมูลอิสระสูงเช่นกัน (เฉลิมพงษ์และไชยวัฒน์, 2547) ผลการศึกษาฤทธิ์ต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารต้านอนุมูลอิสระในไวน์ตัวอย่าง เมื่อเปรียบเทียบกับ Trolox (R^2=0.9988; รูปที่ 4.16) แสดงในหน่วยของ TEAC (Trolox Equivalent Antioxidative Capacity) ของไวน์ตัวอย่างทั้ง 3 สิ่งทดลองคือ การใช้ยีสต์สายพันธุ์ Rhöne2323 ร่วมกับแอมโมเนียมฟอสเฟต 300, และ 500 มิลลิกรัม/ลิตร และการใช้ยีสต์สายพันธุ์ GHM ร่วมกับแอมโมเนียมฟอสเฟต 500 มิลลิกรัม/ลิตร มีปริมาณฤทธิ์ต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกัน ($p \leq 0.01$) (ตารางที่ 4.7) มีปริมาณ 1200-1260 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งต่ำกว่าน้ำเม่าประมาณ 3 เท่า เนื่องจากในขั้นตอนการเตรียม Must สำหรับการหมักไวน์เม่านั้นได้ทำการปรับปริมาณกรดเริ่มต้นให้เหมาะสมต่อกิจกรรมการหมักของยีสต์ด้วยการเติมน้ำ ดังนั้นจึงทำให้ปริมาณฤทธิ์ต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารต้านอนุมูลอิสระในไวน์เม่าต่ำลงเมื่อเปรียบเทียบกับ Must แต่ก็ยังถือว่ามีค่าอยู่ในกลุ่มเดียวกับไวน์แดงจากประเทศสเปนที่อยู่ในช่วง 808.82-2947.17 มิลลิกรัม/ลิตร และมีค่าสูงกว่าไวน์บางชนิด เช่น ไวน์เชอรี่และไวน์ขาวที่มีค่าอยู่ในช่วง 29.08-195.60 และ 42.29-576.22 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ (Villaño *et al*., 2004) ปริมาณฤทธิ์ต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารต้านอนุมูลอิสระมีมากหรือน้อยยังขึ้นกับส่วนประกอบของผักผลไม้ เช่น เปลือก เมล็ด และขนาดของผลอีกด้วย (Barbara *et al*., 2005) โดยไวน์ทุกตัวอย่างมีปริมาณฤทธิ์ต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้นถึงร้อยละ 49 เมื่อเปรียบเทียบกับ Must คือจาก 823 มิลลิกรัม/ลิตร เป็น 1201-1248 มิลลิกรัม/ลิตร เนื่องจากเอทธานอลในไวน์เพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดและแตกตัวของสารประกอบฟีนอล (Nagendran *et al*., 2006) ส่งผลให้มีปริมาณฤทธิ์ต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้นด้วย ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากการหมักน้ำเม่าพร้อมกาก จึงทำให้มีการสกัดเอาสารอาหารและกลิ่นรสออกมาอยู่ในไวน์ได้มากขึ้น สอดคล้องกับ Rosana (2003) พบว่า ปริมาณแอนโธไซยานินและ

สารประกอบฟีนอลที่พบมากในไวน์แดง จะส่งผลทำให้ไวน์แดงมีปริมาณฤทธิ์ต้านปฏิกิริยาออกซิเดชั่นสูงกว่าไวน์ขาว โดยฤทธิ์ต้านออกซิเดชั่นที่ได้จากเปลือกหรือผิวสีของผลไม้ส่วนใหญ่จะได้จากอนุพันธ์แอนโธไซยานินชนิด Cyadinin ซึ่งมีฤทธิ์ต้านปฏิกิริยาออกซิเดชั่นสูง (โอภา, 2550) และน้ำเม่าที่ผ่านการสกัดด้วยการบีบอัดจะมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าส่วนกาก (ลัดดาวัลย์ และคณะ, 2554)

สรุปผลการศึกษา พบว่าการใช้ยีสต์สายพันธุ์ GHM ร่วมกับแอมโมเนียมฟอสเฟต 500 มิลลิกรัม/ลิตร ทำให้ตัวอย่างไวน์เม่ามีชนิดของอนุพันธ์แอนโธไซยานิน ปริมาณสารประกอบฟีนอล แอนโธไซยานินสูง และฤทธิ์ต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าสิ่งทดลองอื่น โดยกระบวนการหมักมีผลทำให้ไวน์เม่าทุกตัวอย่างมีปริมาณค่าดังกล่าวสูงกว่า Must



รูปที่ 4.15 กราฟมาตรฐานของ Gallic acid สำหรับปริมาณสารประกอบฟีนอล



รูปที่ 4.16 กราฟมาตรฐานของ Trolox สำหรับฤทธิ์ต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารต้านอนุมูลอิสระ

1.3.3 ชนิดและปริมาณของสารให้กลิ่นในไวน์เม่า

ผลการศึกษาชนิดและปริมาณของสารให้กลิ่นในไวน์เม่าจำนวน 3 สิ่งทดลอง ได้แก่ ไวน์เม่าที่หมักด้วยยีสต์สายพันธุ์ Rhöne2323 ร่วมกับการใช้แอมโมเนียมฟอสเฟต 300, และ 500 มิลลิกรัม/ลิตร และการหมักด้วยยีสต์สายพันธุ์ GHM ร่วมกับแอมโมเนียมฟอสเฟต 500 มิลลิกรัม/ลิตร พบสารให้กลิ่นระเหยจำนวน 30-37 ชนิด ดังตารางที่ 4.8 แสดงค่า Peak area contribution (%) และคุณลักษณะของสารให้กลิ่นระเหยในไวน์เม่า ตารางที่ 4.9 แสดงค่า Relative factor (Rf) เปรียบเทียบความเข้มของสารให้กลิ่นระเหยระหว่างตัวอย่างไวน์เม่า และตารางที่ 4.10 แสดงปริมาณของสารให้กลิ่นระเหยในไวน์เม่าเมื่อเทียบกับสารละลายมาตรฐาน โดยสามารถแบ่งสารให้กลิ่นระเหยเป็น 5 กลุ่ม คือ Esters, Terpenoids, Alcohols, Acids และกลุ่มอื่น ๆ (Miscellaneous substance) ดังนี้

ไวน์เม่าตัวอย่างที่หมักด้วยยีสต์สายพันธุ์ Rhöne2323 ร่วมกับการใช้แอมโมเนียมฟอสเฟต 300 มิลลิกรัม/ลิตร ประกอบด้วย สารให้กลิ่นจำนวน 31 ชนิด ดังนี้ Ester จำนวน 14 ชนิด ได้แก่ Acetic acid 3-methyl butyl ester, Acetic acid 2-methylbutyl ester, Acetic acid 2-phenylethyl ester, Octanoic acid 3-methylbutyl ester, Octanoic acid ethyl ester, Butanoic acid ethyl ester, Hexanoic acid ethyl ester , Decanoic acid ethyl ester, Hexadecanoic acid ethyl ester, Tetradecanoic acid ethyl ester, 1,2-Benzenedicarboxylic acid diethyl ester, 1,2-Benzenedicarboxylic acid dibutyl ester, Phthalic acid diisobutyl ester และ Isopropyl esterกลุ่ม Terpenoid จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ Limonene, Farnesyl alcohol และ Beta.-linalool กลุ่ม Alcohols จำนวน 3 ชนิดได้แก่ 3-Methyl-1-butanol, 1-Hexanol, Farnesyl alcohol และ 1-Hexadecanol กลุ่ม Acid จำนวน 1 ชนิดได้แก่ Acetic acid และกลุ่มอื่น ๆ จำนวน 10 ชนิด ได้แก่ Eicosane, 1-Nonadecane, Tetradecane, Nonadecane, Octadecane, Cyclotetradecane,

Butylated hydroxyanisole (BHA), Palmitaldehyde, Butylated hydroxytoluene (BHT) และ Hexahydrofarnesyl acetone

ไวน์เม่าตัวอย่างที่หมักด้วยยีสต์สายพันธุ์ Rhöne2323 ร่วมกับการใช้แอมโมเนียมฟอสเฟต 500 มิลลิกรัม/ลิตร ประกอบด้วย สารให้กลิ่นจำนวน 37 ชนิด ดังนี้ กลุ่ม Ester จำนวน 21 ชนิด ได้แก่ Acetic acid 2-methylbutyl ester, Acetic acid 2-phenylethyl ester, Acetic acid 2-propenyl ester, Octanoic acid 3-methylbutyl ester, Octanoic acid ethyl ester, Butanoic acid ethyl ester, Butanedioic acid diethyl ester, Hexanoic acid ethyl ester, Hexanedioic acid diisooctyl ester, Decanoic acid ethyl ester, 9-Decenoic acid ethyl ester, Pentadecanoic acid 3-methylbutyl ester, Nonanoic acid ethyl ester, Propanoic acid 2-methyl- ethyl ester, Cyclohexanepropanoic acid ethyl ester, Formic acid hexyl ester, 1,2-Benzenedicarboxylic acid diethyl ester, 1,2-Benzenedicarboxylic acid dibutyl ester, Phthalic acid diisobutyl ester และ Isopropyl ester กลุ่ม Terpenoid จำนวน 2 ชนิด ได้แก่ Limonene และ Beta.-linalool กลุ่ม Alcohol จำนวน 4 ชนิดได้แก่ 2-Methyl-l butanol, Phenethyl alcohol, 3-Methyl-1-butanol และ 2,3-Butanediol กลุ่ม Acid จำนวน 2 ชนิด ได้แก่ Acetic acid และ Octanoic acid และกลุ่มอื่นจำนวน 9 ชนิด ได้แก่ Eicosane, 1-Dodecane, Octadecanef และCyclotetradecane 2,6-Di(t-butyl)-4-hydroxy-4-methyl-2,5-cyclohexadiene-1one, Palmitaldehyde Butylated hydroxytoluene (BHT), Hexahydrofarnesyl acetone และ Heneicosane

ไวน์เม่าตัวอย่างที่หมักด้วยยีสต์สายพันธุ์ GHM ร่วมกับการใช้แอมโมเนียมฟอสเฟต 500 มิลลิกรัม/ลิตรประกอบด้วย สารให้กลิ่นจำนวน 30 ชนิด ดังนี้ กลุ่ม Ester จำนวน 16 ชนิด ได้แก่ Acetic acid 3-methyl butyl ester, Octanoic acid 3-methylbutyl ester, Octanoic acid ethyl ester, Butanoic acid ethyl ester, Butanoic acid butyl ester, Butanedioic acid diethyl ester, Hexanoic acid ethyl ester, Hexanedioic acid diisooctyl ester, Decanoic acid ethyl ester, Formic acid 2-phenylethanol ester, Salicyclic acid TMS ester, Benzeneacetic acid ethyl ester, 1,2-Benzenedicarboxylic acid diethyl ester, 1,2-Benzenedicarboxylic acid diisooctyl ester, Phthalic acid diisobutyl ester และ Isobutyric acid ethyl ester กลุ่ม Terpenoid จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ Beta.-myrcene, Limonene และ Beta.-linalool กลุ่ม Alcohols จำนวน 4 ชนิดได้แก่ 3-Methyl-1-butanol, Phenethyl alcohol, 1-Hexanol และ2,3-Butanediol กลุ่ม Acids จำนวน 1 ชนิด ได้แก่ Acetic acid และกลุ่มอื่น ๆ จำนวน 6 ชนิด ได้แก่ Eicosane และ 1-Dodecane Palmitaldehyde, Butylated hydroxytoluene (BHT), Hexahydrofarnesyl acetone และ Tetradecanal

Esters เป็นสารให้กลิ่นระเหยที่ให้กลิ่นของดอกไม้และผลไม้นานาชนิด (Ana *et al*., 2009; Thurston *et al*., 1981) เป็นสารให้กลิ่นหลักที่พบในไวน์เม่าตัวอย่าง ผลการศึกษาพบ Ester ในไวน์เม่าตัวอย่างจำนวน 29 ชนิด เมื่อเปรียบเทียบ Peak area contribution (%) ของไวน์แต่ละชนิด พบว่า ไวน์ตัวอย่างที่หมักด้วยยีสต์สายพันธุ์ Rhöne2323 ร่วมกับการใช้แอมโมเนียมฟอสเฟต 300 มิลลิกรัม/ลิตร มีสัดส่วนของ Ester มากที่สุดคือร้อยละ 45.77 รองลงมาคือไวน์เม่าที่หมักด้วยยีสต์สายพันธุ์ GHM และ Rhöne2323 ร่วมกับการใช้แอมโมเนียมฟอสเฟต 300 มิลลิกรัม/ลิตร คิดเป็นร้อยละ 41.93 และ 30.47 ตามลำดับ

ไวน์เม่าทั้ง 3 สิ่งทดลองมีปริมาณของสารกลุ่ม Ester ที่แตกต่างกัน โดยไวน์เม่าที่หมักด้วยยีสต์สายพันธุ์ Rhöne2323 ร่วมกับการใช้แอมโมเนียมฟอสเฟต 300, และ 500 มิลลิกรัม/ลิตร และไวน์เม่าที่หมักด้วยยีสต์สายพันธุ์ GHM ร่วมกับการใช้แอมโมเนียมฟอสเฟต 500 มิลลิกรัม/ลิตร พบ Butanoic acid ethyl ester ให้กลิ่นผลไม้, Hexanoic acid ethyl ester ให้กลิ่นหวาน ผลไม้ และกลิ่นเขียว และ Phthalic acid diisobutyl ester อยู่ในช่วง 1.2–3.5, 18.4– 61.4 และ 7.2–9.1 ไมโครกรัม/ลิตร ตามลำดับ และมีเพียงไวน์เม่าที่หมักด้วยยีสต์สายพันธุ์ Rhöne2323 ร่วมกับการใช้แอมโมเนียมฟอสเฟต 500 มิลลิกรัม/ลิตร พบ Tetradecanoic acid ethyl ester และ Hexadecanoic acid ethyl ester ปริมาณ 16.86 และ 1.8 ไมโครกรัม/ลิตร ตามลำดับ และไวน์เม่าที่หมักด้วยยีสต์สายพันธุ์ Rhöne2323 ร่วมกับการใช้แอมโมเนียมฟอสเฟต 500 มิลลิกรัม/ลิตร พบ Nonanoic acid ethyl ester และ Cyclohexanepropanoic acid ethyl ester ปริมาณ 1.89 และ 1.41 ไมโครกรัม/ลิตร ตามลำดับ

จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่ามีความสามารถผลิตสารกลุ่ม Ester ต่างกันซึ่งจะมีผลต่อคุณภาพกลิ่นรสของไวน์ (Rankine, 1977; Soles *et al*., 1982; Lambrechts and Pretorius, 2000; Marais, 2001; Ana *et al*., 2009) และยังมีความสัมพันธ์กับไนโตรเจนในน้ำหมัก ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการวิจัยก่อนหน้านี้ โดย Houtman *et al.* (1980a; 1980b) รายงานว่า Isoamyl และ Hexyl acetate มีความสัมพันธ์กัน ในขณะที่ Phenylethyl acetate ไม่สัมพันธ์กับปริมาณไนโตรเจนในน้ำหมัก Rapp and Versini (1991) รายงานว่า ไนโตรเจนในน้ำหมักมีความสัมพันธ์กับการสร้างสารให้กลิ่นประเภท Ethyl acetate ester และ 1-Propanol แต่มีผลในเชิงลบกับ Higher alcohols นอกจากนี้ Jitjaroen (2007) ได้ทำการศึกษาสารให้กลิ่นรสที่ถูกสร้างขึ้นในกระบวนการหมักไวน์เม่า พบว่า การเพิ่มปริมาณไนโตรเจนถึง 2000 มิลลิกรัม/ลิตร มีผลทำให้ Ester และ Acid ส่วนใหญ่เพิ่มขึ้นในขณะที่ Higher alcohols ลดลง

Terpenoids เป็นสารที่ให้กลิ่นของผลไม้ (Horvat and Chapman, 1990) ผลการศึกษาพบสารกลุ่ม Terpenoids ในไวน์เม่าจำนวน 4 ชนิด โดยไวน์เม่าจากตัวอย่างพบ Limonene ปริมาณ 2.11–3.22 ไมโครกรัม/ลิตร ไวน์ตัวอย่างที่หมักด้วยยีสต์สายพันธุ์ Rhöne2323 ร่วมกับการใช้แอมโมเนียมฟอสเฟต 500 มิลลิกรัม/ลิตร มีค่า Rf มากกว่า ไวน์ตัวอย่างที่หมักด้วยยีสต์สายพันธุ์ Rhöne2323 ร่วมกับการใช้

แอมโมเนียมฟอสเฟต 300 มิลลิกรัม/ลิตร ประมาณ 1 เท่า Limonene เป็นสารให้กลิ่นคล้ายผลไม้ตระกูลส้ม (Kurt *et al*., 2011) และพบในผลองุ่น เช่น องุ่นสายพันธุ์ Alexandria Rocha (Ribereau Gayon *et al*., 1975) และยังพบ Beta.-linalool ที่ให้กลิ่นดอกไม้ กลิ่นหวาน และดอกกุหลาบ ในไวน์เม่าทั้ง 3 ตัวอย่าง โดยไวน์ตัวอย่างที่หมักด้วยยีสต์สายพันธุ์ Rhöne2323, และ GHM ร่วมกับการใช้แอมโมเนียมฟอสเฟต 500 มิลลิกรัม/ลิตร มีค่า Rf มากกว่า ไวน์ตัวอย่างที่หมักด้วยยีสต์สายพันธุ์ Rhöne2323 ร่วมกับการใช้แอมโมเนียมฟอสเฟต 300 มิลลิกรัม/ลิตร ประมาณ 0.25 เท่า ส่วนไวน์เม่าที่หมักด้วยยีสต์สายพันธุ์ GHM ร่วมกับการใช้แอมโมเนียมฟอสเฟต 500 มิลลิกรัม/ลิตร พบ Beta.-Myrcene ที่ให้กลิ่นพริกไทยและรสเผ็ดร้อนในปริมาณ 3.71 ไมโครกรัม/ลิตร (De la Calle Garcia *et al.*, 1998) โดยทั่วไปสารพวก Terpenoids จะไม่เปลี่ยนแปลงระหว่างการหมัก โดย Monoterpenoids จะแสดงถึงเอกลักษณ์ของไวน์ที่ผลิตจากองุ่นตามสายพันธุ์ และ*Saccharomyces* บางสายพันธุ์สามารถสร้างกลิ่นดอกไม้ให้แก่ไวน์ โดยการสังเคราะห์โมโนเทอร์ปีนเมื่อมีสภาวะการหมักที่เหมาะสม เช่น การเติมไนโตรเจน (Assimilable nitrogen) และแอมโมเนียมอิออนร่วมกับการให้ปริมาณออกซิเจนเล็กน้อย (Carrau *et al*., 2005) จากการศึกษาสารให้กลิ่นรสที่มีศักยภาพของผลไม้บางชนิด เช่น ผลองุ่น แพชชั่นฟรุ้ต มะละกอ ราสเบอร์รี่ ผลิตภัณฑ์หมักจากน้ำผลไม้และเครื่องดื่มไวน์ พบว่านอกจากจะมีสารประกอบกลุ่มเทอร์ปีนอิสระที่ระเหยได้ (Free volatile terpenoids) แล้ว ยังพบสารประกอบประเภทที่ไม่มีกลิ่น (non-odourous) และสารประกอบที่ไม่ระเหย (non-volatile precursor) ซึ่งเป็นสารที่สำคัญกลุ่มหนึ่งที่จะสร้างสารประกอบที่ให้กลิ่นหอมต่อไป โดยระหว่างการทำไวน์วิธีการหนึ่งที่จะทำให้ Bound terpenoids สามารถแตกตัวออกมาได้คือการใช้ Glucosidase enzyme ซึ่งปกติจะพบในผลองุ่น ยีสต์ และแบคทีเรีย ดังนั้น การเพิ่มกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ชนิดนี้ จึงส่งผลต่อการกระตุ้นการเกิดสารประกอบให้กลิ่นกลุ่ม Terpenoids ในไวน์ (Simson, 1979)

Alcohols เป็นสารให้กลิ่นหญ้าเขียวสดและกลิ่นหวาน (Russell, 2006) และสามารถถูกสร้างโดยยีสต์สายพันธุ์ *Saccharomyces cerevisiae* เช่น สายพันธุ์ EC1118 จะสร้างแอลกอฮอล์ที่ให้กลิ่นดอกไม้ (Ana *et al*., 2009) ผลการศึกษาไวน์เม่าตัวอย่างพบ Alcohols จำนวน 8 ชนิด โดยพบในไวน์เม่าที่หมักด้วยยีสต์สายพันธุ์ Rhöne2323 ร่วมกับการใช้แอมโมเนียมฟอสเฟต 500 มิลลิกรัม/ลิตร มีปริมาณ 2-Methyl-l butanol ซึ่งให้กลิ่นผลไม้และหัวหอม, Phenethyl alcohol ให้กลิ่นดอกกุหลาบ และ 2,3-Butanediol ให้กลิ่นผลไม้และกลิ่นเนย มีปริมาณสูงสุด คือ 50.49, 83.16 และ 6.73 ไมโครกรัม/ลิตร ตามลำดับ และมีค่า Rf ของ 2,3-Butanediol เป็น 7 เท่าเมื่อเปรียบเทียบกับไวน์เม่าอีก 2 สิ่งทดลอง รองลงมาคือไวน์เม่าที่หมักด้วยยีสต์สายพันธุ์ GHM ร่วมกับการใช้แอมโมเนียมฟอสเฟต 500 มิลลิกรัม/ลิตรมี Phenethyl alcohol และ 2,3-Butanediol คือ 42.40 และ 1.80 ไมโครกรัม/ลิตร ตามลำดับ

การใช้ยีสต์ต่างสายพันธุ์มีผลต่อการสร้าง Alcohols ในปริมาณที่แตกต่างกันไป (Ana *et al*., 2009) ซึ่งจะให้ผลทั้งด้านดีและไม่ดีต่อกลิ่นรสของไวน์ เมื่อมีปริมาณเหมาะสมจะให้กลิ่นหอมของผลไม้ แต่หากสูงเกินไปจะให้กลิ่นฉุน (Nykanen *et al*., 1977; Lambrechts and Pretorius, 2000; Swiegers and Pretorius, 2005) นอกจากนี้ ความเข้มข้นของกรดอะมิโน (เป็นสารตั้งต้นของ Alcohols) ในน้ำหมักก็มีผลต่อการสร้าง Alcohols ด้วยเช่นกัน (Schulthess and Ettlinger, 1978)

Acids เป็นสารที่ให้รสเปรี้ยว พบหลายชนิดในไวน์ เช่น Acetic acid จะให้กลิ่นฉุนของน้ำส้มสายชูและมีรสเปรี้ยว แต่ถ้ามีความเข้มข้นสูงก็จะให้รสเปรี้ยวและขม (Eveline and Paul, 2008) และใช้บ่งชี้ว่าไวน์เสียหรือไม่ (Sponholz, 1993) จากผลการศึกษาพบกรดจำนวน 2 ชนิด คือ Acetic acid และ Octanoic acid โดยมี Acetic acid อยู่ในช่วง 4.83-18.37 ไมโครกรัม/ลิตร และพบสูงสุดในไวน์ตัวอย่างที่หมักด้วยยีสต์สายพันธุ์ Rhöne2323 ร่วมกับการใช้แอมโมเนียมฟอสเฟต 300 มิลลิกรัม/ลิตร คือ 18.37 ไมโครกรัม/ลิตร รองลงมาคือไวน์เม่าที่หมักด้วยยีสต์สายพันธุ์ Rhöne2323, และ GHM ร่วมกับการใช้แอมโมเนียมฟอสเฟต 500 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาณ 12.53 และ 4.83 ไมโครกรัม/ลิตร ตามลำดับ และยังพบ Octanoic acid ซึ่งให้กลิ่นผลไม้ กลิ่นสบู่ และกลิ่นเปรี้ยวในปริมาณ 8.39 ไมโครกรัม/ลิตร เฉพาะในไวน์ตัวอย่างที่หมักด้วยยีสต์สายพันธุ์ Rhöne2323 ร่วมกับการใช้แอมโมเนียมฟอสเฟต 500 มิลลิกรัม/ลิตร

นอกจากที่กล่าวมาข้างต้นยังพบสารในกลุ่มอื่น ๆ อีกจำนวน 14 ชนิด โดยไวน์ทั้ง 3 สิ่งทดลองพบ Eicosane อยู่ในช่วง 1.3-13.8 ไมโครกรัม/ลิตร และสูงสุดในไวน์ตัวอย่างที่หมักด้วยยีสต์สายพันธุ์ GHM ร่วมกับการใช้แอมโมเนียมฟอสเฟต 500 มิลลิกรัม/ลิตร คือ 13.77 ไมโครกรัม/ลิตร รองลงมาคือไวน์ตัวอย่างที่หมักด้วยยีสต์สายพันธุ์ Rhöne2323 ร่วมกับการใช้แอมโมเนียมฟอสเฟต 500 และ 300 มิลลิกรัม/ลิตร คือ 2.86 และ 1.37 ไมโครกรัม/ลิตร ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่า Rf พบว่า ไวน์เม่าที่หมักด้วยยีสต์สายพันธุ์ Rhöne2323 ร่วมกับการใช้แอมโมเนียมฟอสเฟต 300 มิลลิกรัม/ลิตร มีปริมาณ 1-Nonadecane ซึ่งให้กลิ่นไขมันสูงกว่าไวน์เม่าที่หมักด้วยยีสต์สายพันธุ์ Rhöne2323 ร่วมกับการใช้แอมโมเนียมฟอสเฟต 500 มิลลิกรัม/ลิตรถึง 7 เท่า และยังพบสารที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระรวมอยู่ด้วยคือ Butylated hydroxyanisole (BHA) และ Butylated hydroxytoluene (BHT) ซึ่งมีคุณสมบัติละสายในแอลกอฮอล์ (http://www.thegoodscentscompany.com/index.html) ส่งผลให้ไวน์ตัวอย่างมี BHT อยู่ในช่วง 47-179 ไมโครกรัม/ลิตร และพบสูงสุดในไวน์เม่าที่หมักด้วยยีสต์สายพันธุ์ Rhöne2323 ร่วมกับการใช้แอมโมเนียมฟอสเฟต 300 มิลลิกรัม/ลิตร คือ 179.26 รองลงมาคือ ไวน์เม่าที่หมักด้วยยีสต์สายพันธุ์ GHM และ Rhöne2323 ร่วมกับการใช้แอมโมเนียมฟอสเฟต 500 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาณ 80.93 และ 47.97 ไมโครกรัม/ลิตร ตามลำดับ

สรุปผลการศึกษาด้านสารประกอบให้กลิ่นระเหยที่พบในไวน์ พบว่า สายพันธุ์ยีสต์ ปริมาณแอมโมเนียมฟอสเฟต และสภาวะการหมักมีผลต่อการสร้างสารให้กลิ่นระเหยในไวน์เม่าตัวอย่าง โดยพบสารให้กลิ่นระเหยจำนวน 30–37 ชนิด สามารถแบ่งเป็น 5 กลุ่ม คือ Esters, Terpenoids, Alcohols, Acids และกลุ่มอื่น ๆ โดยพบสารกลุ่ม Esters ที่ให้กลิ่นผลไม้และดอกไม้พบมากที่สุด ผลการศึกษาสามารถใช้บ่งชี้ถึงความเหมาะสมของพารามิเตอร์การหมัก การวิเคราะห์เชิงคุณภาพของกระบวนการผลิต และใช้สำหรับอธิบายความเป็นเอกลักษณ์หรือคุณลักษณะคุณภาพผลิตภัณฑ์ไวน์เม่า ได้ร่วมกับการทดสอบทางประสาทสัมผัส ในตอนที่ 2 ต่อไป

ตารางที่ 4.8 ค่า % Peak area contribution และคุณลักษณะของสารให้กลิ่นระเหยในไวน์

No.	Compounds	CAS No.	Molecular	Molecular weight	% Peak area contribution[1] of Mao wine treatments			Aroma descriptors[2]
					RhÖne 2323 DAP 300 mg/L	RhÖne 2323 DAP 500 mg/L	GHM DAP 500 mg/L	
Esters					**45.77**	**41.93**	**35.65**	
1	Acetic acid 3-methyl butyl ester	000123-92-2	$C_7H_{14}O_2$	130	1.29	nd	1.34	sweet, fruity, banana solvent
2	Acetic acid 2-methylbutyl ester	000624-41-9	$C_7H_{14}O_2$	130	5.29	8.50	nd	sweet, fruity, banana (Swieger *et al*., 2005)
3	Acetic acid 2-phenylethyl ester	000103-45-7	$C_{10}H_{12}O_2$	164	0.16	0.39	nd	floral, rose sweet, honey,fruity tropical
4	Acetic acid 2-propenyl ester	000591-87-7	$C_{11}H_{18}O_3$	198.262	nd	0.04	nd	green, galbanum fruity pineapple
5	Octanoic acid 3-methylbutyl ester	002035-99-6	$C_{13}H_{26}O_2$	214	0.21	0.78	0.25	sweet, fruity, waxy, pineapple, fruity and green with coconut and cognac nuances
6	Octanoic acid ethyl ester	000106-32-1	$C_{10}H_{20}O_2$	172	5.91	11.88	7.74	waxy, sweet, musty, pineapple and fruity with a creamy, dairy nuance
7	Butanoic acid ethyl ester	000105-54-4	$C_6H_{12}O_2$	116.160	0.38	0.26	0.31	Fruity, fruit, pineapple (Swieger *et al*., 2005)
8	Butanoic acid butyl ester	000109-21-7	$C_9H_{18}O_2$	158.27	nd	nd	0.17	mild amber, balsam, fruity
9	Butanedioic acid diethyl ester	000123-25-1	$C_6H_{10}O_4$	146.14	nd	0.06	0.42	apple, apricot, chocolate, grape, floral, fruity, peach, pear; waxy, wine-like, earthy

ตารางที่ 4.8 ค่า % Peak area contribution และคุณลักษณะของสารให้กลิ่นระเหยในไวน์ (ต่อ)

No.	Compounds	CAS No.	Molecular	Molecular weight	% Peak area contribution of Mao wine treatments			Aroma descriptors
					RhÖne 2323 DAP 300 mg/L	RhÖne 2323 DAP 500 mg/L	GHM DAP 500 mg/L	
10	Hexanoic acid ethyl ester	000123-66-0	$C_8H_{16}O_2$	144.213	1.40	2.63	1.31	sweet, fruity, pineapple, waxy green, banana
11	Hexanedioic acid diisooctyl ester	001330-86-5	$C_{22}H_{42}O_4$	370.57	nd	0.45	2.03	amber liquid, mild
12	Decanoic acid ethyl ester	000110-38-3	$C_{12}H_{24}O_2$	200	5.87	7.17	5.95	floral, soap (Swieger *et al*., 2005)
13	9-Decenoic acid ethyl ester	067233-91-4	$C_{10}H_{18}O_2$	170.252	nd	0.15	nd	waxy, green, fatty, soapy,cheese type nuance
14	Hexadecanoic acid ethyl ester	000628-97-7	$C_{18}H_{36}O_2$	284.483	0.14	nd	nd	green apple (Swieger *et al*., 2005)
15	Pentadecanoic acid 3-methylbutyl ester	002306-91-4	$C_{15}H_{30}O_2$	242	nd	0.19	nd	waxy, banana, fruity, sweet cognac, green
16	Tetradecanoic acid ethyl ester	000628-97-7	$C_{18}H_{36}O_2$	284.83	18.32	nd	nd	waxy, fruity, creamy and milky with a balsamic nuance
17	Nonanoic acid ethyl ester	000123-29-5	$C_{11}H_{22}O_2$	186.29	nd	0.50	nd	fats, wax, cheese, coconut fragrance, fruity, rose, waxy, rum, wine natural tropical
18	Propanoic acid 2-methyl- ethyl ester	000097-62-1	$C_6H_{12}O_2$	116.160	nd	0.47	nd	strawberry (Berre, 2008)
19	Cyclohexanepropanoic acid ethyl ester	10094-36-7	C11H20O2	184.28	nd	0.13	nd	powerful fruity, sweet, pineapple peach, pear
20	Formic acid hexyl ester	000629-33-4	$C_7H_{14}O_2$	130.187	nd	2.20	nd	apple, unripe plum, banana
21	Formic acid 2-phenylethanol ester	000103-45-7	$C_9H_{10}O_2$	150.177	nd	nd	3.40	rose, green, hyacinth, herbal, watercress
22	Salicyclic acid TMS ester	003789-85-3	-	-	nd	nd	12.77	-

ตารางที่ 4.8 ค่า % Peak area contribution และคุณลักษณะของสารให้กลิ่นระเหยในไวน์ (ต่อ)

No.	Compounds	CAS No.	Molecular	Molecular weight	% Peak area contribution of Mao wine treatments			Aroma descriptors
					RhÖne 2323 DAP 300 mg/L	RhÖne 2323 DAP 500 mg/L	GHM DAP 500 mg/L	
23	Benzeneacetic acid ethyl ester	000101-97-3	$C_{10}H_{12}O_2$	164.204	nd	nd	0.11	sweet, floral honey rose balsam cocoa
24	1,2-Benzenedicarboxylic acid diethyl ester	000084-66-2	$C_{12}H_{14}O_4$	222	3.8	3.67	0.12	odorless
25	1,2-Benzenedicarboxylic acid dibutyl ester	000084-74-2	$C_{16}H_{22}O_4$	278	1.05	1.65	nd	-
26	1,2-Benzenedicarboxylic acid diisooctyl ester	027554-26-3	$C_{24}H_{38}O_4$	390.56	nd	nd	0.7	oily
27	Phthalic acid diisobutyl ester	000084-69-5	$C_{16}H_{22}O_4$	278.34	0.67	0.34	0.89	faint odor
28	Isobutyric acid ethyl ester	000097-62-1	$C_4H_8O_2$	88.11	nd	nd	0.14	sweet, etherial and fruity with pungent, alcoholic, fusel and rummy nuances
29	Isopropyl ester	000110-27-0	$C_5H_{10}O_2$	102.133	1.28	0.47	nd	melon (Grant and david, 1990)
Terpenoids					**3.35**	**6.2**	**4.74**	
30	Beta.-myrcene	000123-35-3	$C_{10}H_{16}$	136.23	nd	nd	0.33	peppery, terpene, spicy, balsam
31	Limonene	000138-86-3	$C_{10}H_{16}$	136	3.10	6.0	4.21	fresh, sweet, hydrocarbon and orange citrus odor, lemon, orange
32	Farnesyl alcohol	004602-84-0	$C_{15}H_{26}O$	222.37	0.09	nd	nd	mild, fresh, sweet, linden floral
33	Beta.-linalool	000078-70-6	$C_{10}H_{18}O$	154	0.16	0.2	0.2	citrus ,floral, swee,t bois de rose, woody, green ,blueberry

ตารางที่ 4.8 ค่า % Peak area contribution และคุณลักษณะของสารให้กลิ่นระเหยในไวน์ (ต่อ)

No.	Compounds	CAS No.	Molecular	Molecular weight	% Peak area contribution of Mao wine treatments			Aroma descriptors
					RhÖne 2323 DAP 300 mg/L	RhÖne 2323 DAP 500 mg/L	GHM DAP 500 mg/L	
Alcohols					**14.08**	**25.11**	**17.14**	
34	2-methyl-l butanol	999064-07-4	$C_5H_{12}O$	88.15	nd	3.29	nd	roasted wine, onion, fruity
35	3-methyl-1-butanol	000123-51-3	$C_5H_{12}O$	88.15	11.87	17.08	13.02	fusel, alcoholic, pungent, etherial, cognac, fruity, banana and molasses
36	Phenethyl alcohol	000060-12-8	$C_8H_{10}O$	122	nd	3.56	3.75	floral, rose, dried rose, flower rose, water
37	1-Hexanol	000111-27-3	$C_6H_{14}O$	102.1	0.27	nd	0.21	pungent, etherial, fusel oil, fruity and alcoholic, sweet with a green top note
38	2,3-Butanediol	000513-85-9	$C_4H_{10}O_2$	90.12	nd	1.18	0.16	fruity, creamy, buttery
39	1-Hexadecanol	036653-82-4	$C_{16}H_{34}O$	242.45	1.94	nd	nd	waxy, floral
Acids					**1.40**	**0.90**	**0.09**	
40	Acetic acid	000064-19-7	$C_3H_6O_2$	74.08	1.4	0.54	0.09	pungent, sour, vinegar odor
41	Octanoic acid	000124-07-2	$C_8H_{16}O_2$	144.21	nd	0.36	nd	acidic, Fruity, Soapy, Sour
Miscellaneous					**35.4**	**25.86**	**40.38**	
42	Eicosane	000112-95-8	$C_{20}H_{42}$	282.55	16.19	19.25	27.53	waxy
43	1-Nonadecane	018435-45-5	$C_{19}H_{38}$	266.51	0.98	0.14	-	-
44	1-Dodecane	000112-41-4	$C_{12}H_{24}$	168.32	nd	nd	5.81	-

ตารางที่ 4.8 ค่า % Peak area contribution และคุณลักษณะของสารให้กลิ่นระเหยในไวน์ (ต่อ)

No.	Compounds	CAS No.	Molecular	Molecular weight	% Peak area contribution of Mao wine treatments			Aroma descriptors
					RhÖne 2323 DAP 300 mg/L	RhÖne 2323 DAP 500 mg/L	GHM DAP 500 mg/L	
45	Tetradecane	000638-36-8	$C_{14}H_{30}$	198.39	0.33	nd	nd	mild waxy
46	Nonadecane	000629-92-5	$C_{19}H_{40}$	268.52	0.24	nd	nd	bland
47	Octadecane	000593-45-3	$C_{18}H_{38}$	254.50	0.44	0.96	nd	-
48	Cyclotetradecane	000295-17-0	$C_{14}H_{28}$	196.38	0.11	0.08	nd	-
49	2,6-Di(t-butyl)-4-hydroxy-4-methyl-2,5-cyclohexadiene-1one	000000-00-0	$C_{15}H_{24}O_2$	236	nd	0.30	nd	rancid, butter
50	Butylated hydroxyanisole (BHA)	025013-16-5	$C_{11}H_{16}O_2$	180.25	0.28	nd	nd	mild rubbery
51	Palmitaldehyde	000629-80-1	$C_{16}H_{32}O$	240.43	1.33	0.70	1.03	cardboard
52	Butylated hydroxytoluene (BHT)	000128-37-0	$C_{15}H_{24}O$	220.36	13.64	3.47	4.24	mild phenolic, camphor
53	Hexahydrofarnesyl acetone	000502-69-2	$C_{18}H_{36}O$	268.48	1.86	0.87	0.64	oily, herbal, jasmine, celery woody
54	Heneicosane	000629-94-7	$C_{21}H_{44}$	296.58	nd	0.09	nd	waxy
55	Tetradecanal	000124-25-4	$C_{14}H_{28}O$	212.736	nd	nd	1.13	fatty, waxy, dairy, creamy and fishy with a fruity, pear nuance

[1] % Peak area contribution = (100 x curve area of each compound of the sample)/Total curve area of the sample

[2] ที่มา : http://www.thegoodscentscompany.com/index.html

ตารางที่ 4.9 Relative factor เปรียบเทียบความเข้มของสารให้กลิ่นระเหยระหว่างไวน์ทั้ง 3 ชนิด

No.	Compounds	Relative factor[1] of Mao wine treatments		
		Rhône 2323 DAP 300 mg/L	Rhône 2323 DAP 500 mg/L	GHM DAP 500 mg/L
Ester				
1	Acetic acid 3-methyl butyl ester	1.00	nd	1.04
2	Acetic acid 2-methylbutyl ester	1.00	1.61	nd
3	Acetic acid 2-phenylethyl ester	1.00	2.44	nd
4	Acetic acid 2-propenyl ester	nd	1.00	nd
5	Octanoic acid 3-methylbutyl ester	1.00	3.71	1.19
6	Octanoic acid ethyl ester	1.00	2.01	1.31
7	Butanoic acid ethyl ester	1.46	1.00	1.19
8	Butanoic acid butyl ester	nd	nd	1.00
9	Butanedioic acid diethyl ester	nd	1.00	7.00
10	Hexanoic acid ethyl ester	1.07	2.01	1.00
11	Hexanedioic acid diisooctyl ester	nd	1.00	4.51
12	Decanoic acid ethyl ester	1.00	1.22	1.01
13	9-Decenoic acid ethyl ester	nd	1.00	nd
14	Hexadecanoic acid ethyl ester	1.00	nd	nd
15	Pentadecanoic acid 3-methylbutyl ester	nd	1.00	nd
16	Tetradecanoic acid ethyl ester	1.00	nd	nd
17	Nonanoic acid ethyl ester	nd	1.00	nd
18	Propanoic acid 2-methyl- ethyl ester	nd	1.00	nd
19	Cyclohexanepropanoic acid ethyl ester	nd	1.00	nd
20	Formic acid hexyl ester	nd	1.00	nd
21	Formic acid 2-phenylethanol ester	nd	nd	1.00
22	Salicyclic acid TMS ester	nd	nd	1.00
23	Benzeneacetic acid ethyl ester	nd	nd	1.00
24	1,2-Benzenedicarboxylic acid diethyl ester	31.67	30.58	1.00
25	1,2-Benzenedicarboxylic acid dibutyl ester	1.00	1.57	nd
26	1,2-Benzenedicarboxylic acid diisooctyl ester	nd	nd	1.00

ตารางที่ 4.9 Relative factor เปรียบเทียบความเข้มของสารให้กลิ่นระเหยระหว่างไวน์ทั้ง 3 ชนิด (ต่อ)

No.	Compounds	Relative factor[1] of Mao wine treatments		
		Rhône 2323 DAP 300 mg/L	Rhône 2323 DAP 500 mg/L	GHM DAP 500 mg/L
Ester				
27	Phthalic acid diisobutyl ester	1.97	1.00	2.62
28	Isobutyric acid ethyl ester	nd	nd	1.00
29	Isopropyl ester	2.72	1.00	nd
Terpenoids				
30	Beta.-myrcene	nd	nd	1.00
31	Limonene	1.00	1.94	1.36
32	Farnesyl alcohol	1.00	nd	nd
33	Beta.-linalool	1.00	1.25	1.25
Alcohols				
34	2-Methyl-l butanol	nd	1.00	nd
35	3-Methyl-1-butanol	1.00	1.44	1.10
36	Phenethyl alcohol	nd	1.00	1.05
37	1-Hexanol	1.29	nd	1.00
38	2,3-Butanediol	nd	7.38	1.00
39	1-Hexadecanol	1.00	nd	nd
Acids				
40	Acetic acid	15.56	6.00	1.00
41	Octanoic acid	nd	1.00	nd
Miscellaneous				
42	Eicosane	1.00	1.19	1.70
43	1-Nonadecane	7.00	1.00	nd
44	1-Dodecane	nd	nd	1.00
45	Tetradecane	1.00	nd	nd
46	Nonadecane	1.00	nd	nd
47	Octadecane	1.00	2.18	nd
48	Cyclotetradecane	1.38	1.00	nd

ตารางที่ 4.9 Relative factor เปรียบเทียบความเข้มของสารให้กลิ่นระเหยระหว่างไวน์ทั้ง 3 ชนิด (ต่อ)

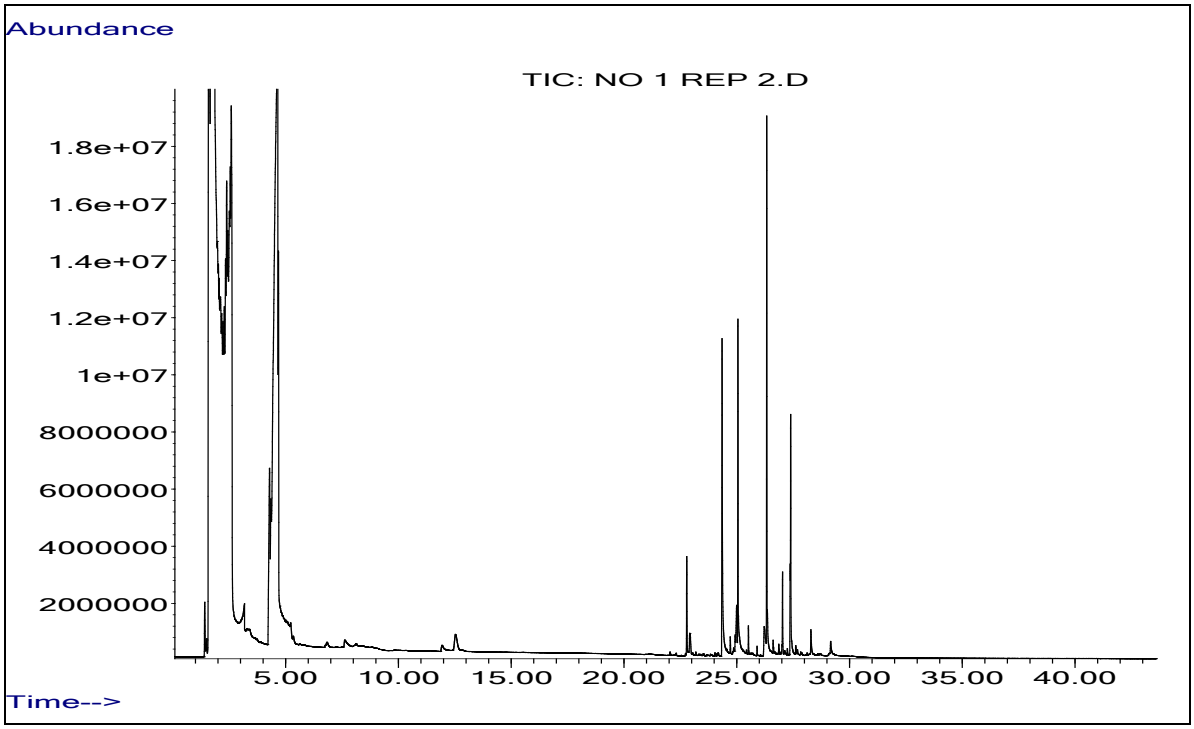
No.	Compounds	Relative factor[1] of Mao wine treatments		
		Rhône 2323 DAP 300 mg/L	Rhône 2323 DAP 500 mg/L	GHM DAP 500 mg/L
49	2,6-Di(t-butyl)-4-hydroxy-4-methyl-2,5-cyclohexadiene-1one	nd	0.30	nd
50	Butylated hydroxyanisole (BHA)	1.00	nd	nd
51	Palmitaldehyde	1.90	1.00	1.47
52	Butylated hydroxytoluene (BHT)	3.93	1.00	1.22
53	Hexahydrofarnesyl acetone	2.91	1.36	1.00
54	Heneicosane	nd	1.00	nd
55	Tetradecanal	nd	nd	1.00

[1] Relative factor = comparison of % peak area contribution of each volatile aroma compound between the treatments

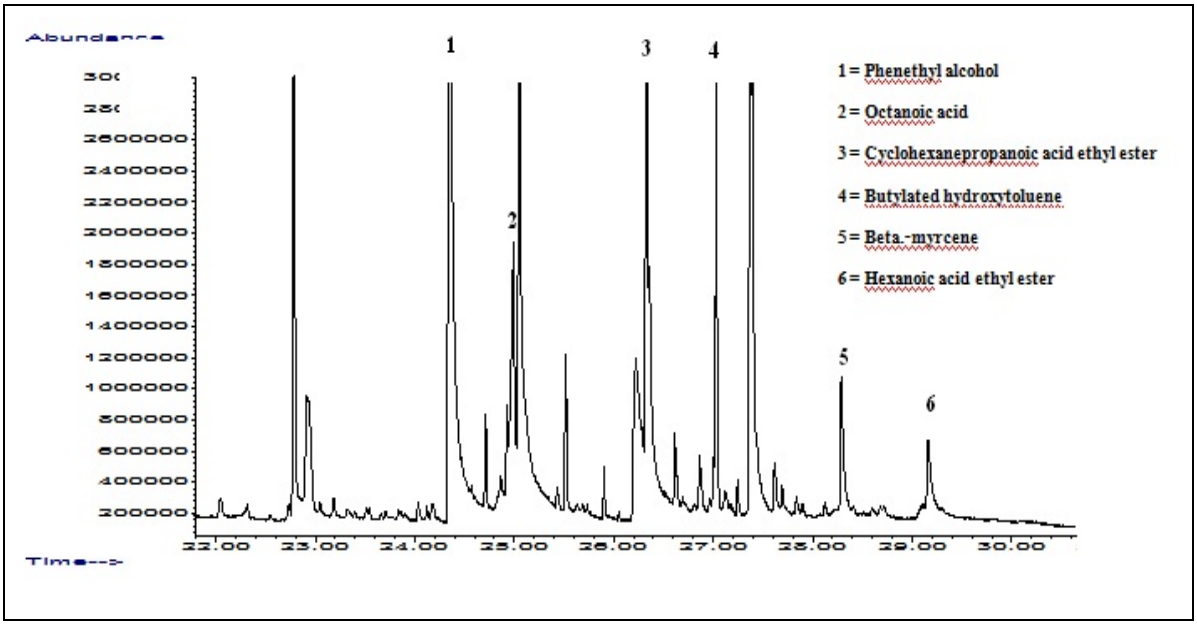
ตารางที่ 4.10 ปริมาณของสารให้กลิ่นระเหยในไวน์ม่าเมื่อเทียบกับสารมาตรฐาน

No.	Compounds	Retention time (min)	Quantity of volatile aroma compounds[1] of Mao wine treatments (µg/L)*		
			Rhône 2323 DAP 300 mg/L	Rhône 2323 DAP 500 mg/L	GHM DAP 500 mg/L
Esters					
	Butanoic acid ethyl ester	5.3	1.16	3.27	3.47
	Hexanoic acid ethyl ester	22.29	18.44	61.33	14.89
	Nonanoic acid ethyl ester	25.8	nd	1.89	nd
	Tetradecanoic acid ethyl ester	28.4	16.86	nd	nd
	Phthalic acid diisobutyl ester	28.7	8.77	7.29	9.02
	Cyclohexanepropanoic acid ethyl ester	26.5	nd	1.41	nd
	Hexadecanoic acid ethyl ester	29.13	1.80	nd	nd
Terpenoids					
	Limonene	23.5	2.11	3.22	2.24
	Beta.-myrcene	28.3	nd	nd	3.71
Alcohols					
	2-Methyl-l butanol	13.1	nd	50.49	nd
	Phenethyl alcohol	24.44	nd	83.16	42.40
	2,3-Butanediol	7.4	nd	6.73	1.80
Acids					
	Acetic acid	3.6	18.37	12.53	4.83
	Octanoic acid	25.0	nd	8.39	nd
Miscellaneous					
	Eicosane	28.9	1.37	2.86	13.77
	Butylated hydroxytoluene (BHT)	27.0	179.26	47.97	80.93

[1] compared the concentration of the volatile compound with the internal standard solution by using GC-MS



รูปที่ 4.17 ตัวอย่างโครมาโตแกรมที่ได้จากการวิเคราะห์ชนิดสารให้กลิ่นในไวน์เม่าด้วยวิธี GC/MS



รูปที่ 4.18 ตัวอย่างโครมาโตแกรมที่ได้จากการวิเคราะห์ปริมาณสารให้กลิ่นในในไวน์เม่าด้วยวิธีGC/MS

1.3.4 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส

ทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสตัวอย่างไวน์เม่า 3 สิ่งทดลอง ได้แก่ การใช้ยีสต์สายพันธุ์ Rhöne2323 ร่วมกับแอมโมเนียมฟอสเฟต 300, และ 500 มิลลิกรัม/ลิตร และการใช้ยีสต์สายพันธุ์ GHM ร่วมกับแอมโมเนียมฟอสเฟต 500 มิลลิกรัม/ลิตร โดยใช้ผู้มีประสบการณ์ในการทดสอบคุณภาพจำนวน 13 คน ให้คะแนนคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นหอม รสชาติ รสชาติที่ยังกรุ่นอยู่ในปาก และความประทับใจโดยรวมของไวน์เม่าทุกตัวอย่างอยู่ในเกณฑ์ดี (12.08 -12.92 คะแนน) และไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.11)

ผลการวิเคราะห์ค่าความถี่ร้อยละสำหรับการให้คะแนนการประเมินคุณภาพไวน์คุณลักษณะด้านกลิ่น และรสชาติ ซึ่งเป็นค่าคุณภาพที่สำคัญของไวน์เม่าทั้ง 3 สิ่งทดลอง พบว่า ด้านกลิ่นของไวน์ตัวอย่างที่ใช้ยีสต์สายพันธุ์ GHM ร่วมกับแอมโมเนียมฟอสเฟต 500 มิลลิกรัม/ลิตร มีคุณภาพระดับพอใจสูงที่สุดร้อยละ 46.15 ระดับดีสูงที่สุดร้อยละ 30.77 เท่ากับไวน์ตัวอย่างที่ใช้ยีสต์สายพันธุ์ Rhöne2323 ร่วมกับการใช้แอมโมเนียมฟอสเฟต 500 มิลลิกรัม/ลิตร และอยู่ในระดับเยี่ยมร้อยละ 15.38 โดยไม่มีผู้ทดสอบให้คะแนนที่อยู่ในเกณฑ์ที่ต้องปรับปรุง ในขณะที่ไวน์ตัวอย่างที่ใช้ยีสต์สายพันธุ์ Rhöne2323 ร่วมกับแอมโมเนียมฟอสเฟต 300, และ 500 มิลลิกรัม/ลิตร มีระดับคะแนนอยู่ในเกณฑ์ต้องปรับปรุงร้อยละ 15.38 และ 7.69 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.12 และรูปที่ 4.19)

ผลการวิเคราะห์ค่าความถี่ร้อยละคุณภาพด้านรสชาติของไวน์เม่า พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนไวน์ตัวอย่างที่ใช้ยีสต์สายพันธุ์ Rhöne2323 ร่วมกับแอมโมเนียมฟอสเฟต 300 มิลลิกรัม/ลิตร อยู่ในเกณฑ์ต้องปรับปรุงร้อยละ 15.38 ในขณะที่ไวน์ตัวอย่างที่ใช้ยีสต์สายพันธุ์ Rhöne2323 ร่วมกับแอมโมเนียมฟอสเฟต 500 มิลลิกรัม/ลิตร และไวน์ตัวอย่างที่ใช้ยีสต์สายพันธุ์ GHM ร่วมกับแอมโมเนียมฟอสเฟต 500 มิลลิกรัม/ลิตร มีคะแนนรวมอยู่ในเกณฑ์ดี ถึง เยี่ยม คิดเป็นร้อยละ 46.16 และ 53.84 ตามลำดับ โดยรสชาติไม่อยู่ในเกณฑ์ที่ต้องปรับปรุง (ตารางที่ 4.13 และรูปที่ 4.20)

สรุปผลการศึกษาทางประสาทสัมผัส เมื่อพิจารณาโดยการใช้เกณฑ์ด้านกลิ่นและรสชาติของไวน์เม่าเป็นปัจจัยสำคัญตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ ไวน์ตัวอย่างที่ใช้ยีสต์สายพันธุ์ GHM ร่วมกับแอมโมเนียมฟอสเฟต 500 มิลลิกรัม/ลิตร มีแนวโน้มที่ผู้บริโภคจะยอมรับคุณสมบัติด้านกลิ่นและรสชาติดีที่สุด ในขณะที่ไวน์เม่าที่ใช้ ยีสต์สายพันธุ์ Rhöne2323 ร่วมกับแอมโมเนียมฟอสเฟต 300 มิลลิกรัม/ลิตร ควรได้รับการปรับปรุงการผลิตด้านรสชาติและกลิ่น และไวน์ตัวอย่างที่ใช้ยีสต์สายพันธุ์ Rhöne2323 ร่วมกับแอมโมเนียมฟอสเฟต 500 มิลลิกรัม/ลิตร ควรได้รับการปรับปรุงการผลิตด้านกลิ่นก่อนนำไปทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

ตารางที่ 4.11 ระดับคะแนนเฉลี่ยแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ไวน์เม่าที่ผ่านการหมักแบบมาโลแลคติก

Characteristics[1]	Mao wine treatments		
	Yeast Rhöne2323 DAP 300 mg/L	Yeast Rhöne2323 DAP 500 mg/L	Yeast GHM DAP 500 mg/L
Appearance [ns]	2.31 ± 0.63	2.23 ± 0.44	2.00 ± 0.58
Aroma and bouquet [ns]	3.00 ± 1.35	3.85 ± 1.28	3.54 ± 0.88
Taste [ns]	3.38 ± 1.19	3.62 ± 0.96	3.54 ± 0.97
Aftertaste [ns]	1.54 ± 0.88	1.77 ± 0.73	1.92 ± 0.64
Overall impression [ns]	0.85 ± 0.38	1.08 ± 0.28	0.92 ± 0.49
Total scores [2]	12.08 ± 2.93	12.92 ± 3.01	12.77 ± 2.80
Quality level	Good	Good	Good

Data present : Mean ± sd

ns : not significant difference ($p<0.05$) with in the same row

[1]Appearance, Aftertaste: 3 = excellent 2 = good 1 = need improvement 0 = objectionable

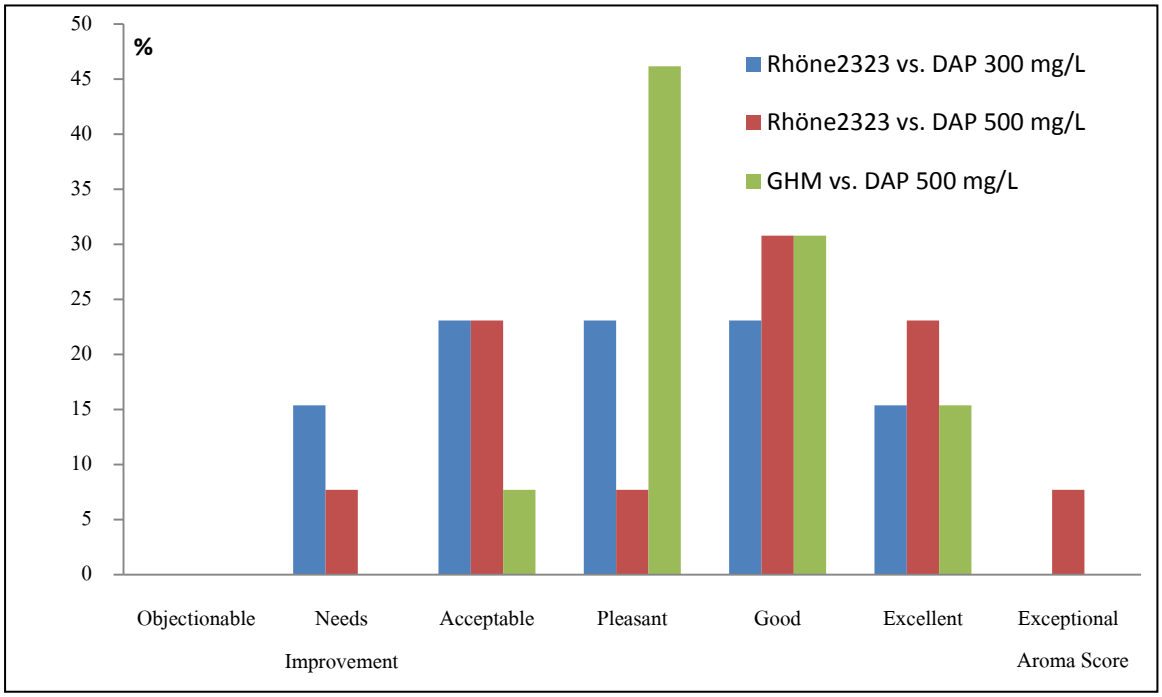
[1]Aroma and Bouquest, Taste : 6 = exceptional 5 = excellent 4 = good 3 = pleasant 2 = acceptable 1 = need improvement 0 = objectionable

[1] Overall Impression : 2 = excellent 1 = good 0 = objectionable

[2] Total scores : 18-20 = extraordinary 15-17 = excellent 12-14 = good 9-11 = pleasant 6-8 = acceptable 0-5 = need improvement

ตารางที่ 4.12 ร้อยละของคุณลักษณะด้านกลิ่นของไวน์เม่า

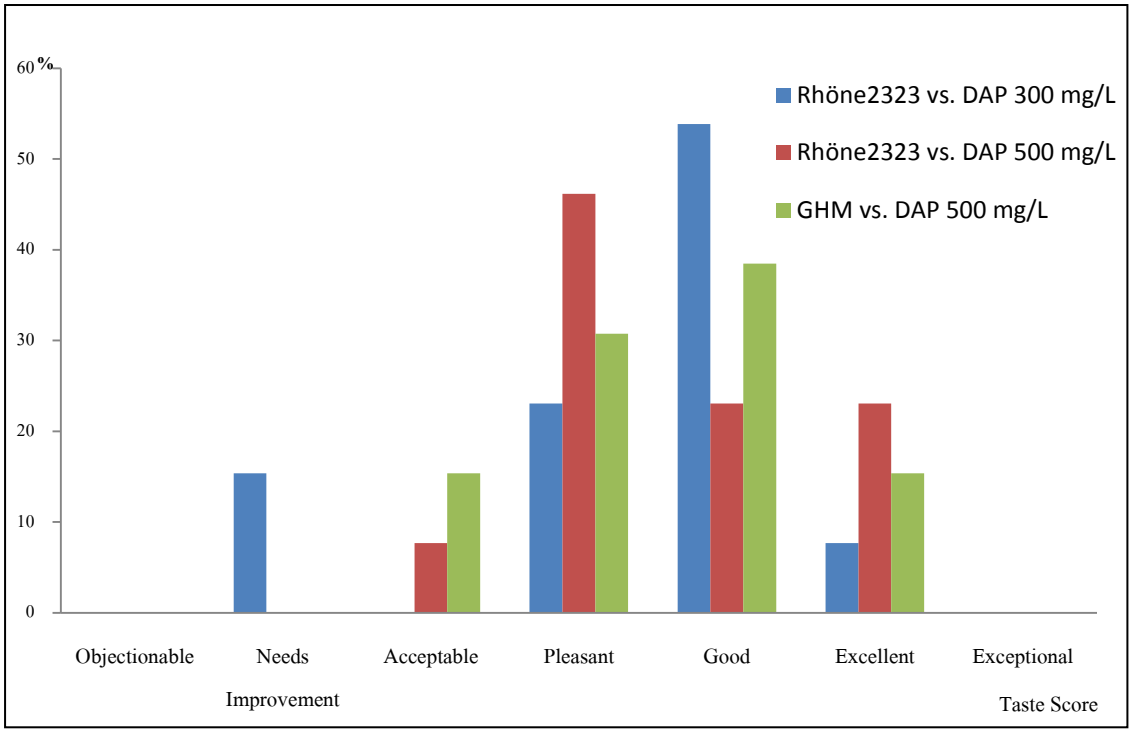
Aroma scores	% Frequency of Mao wine treatments		
	Yeast Rhöne2323 DAP 300 mg/L	Yeast Rhöne2323 DAP 500 mg/L	Yeast GHM DAP 500 mg/L
Objectionable (o points)	0.00	0.00	0.00
Need improvement (1 points)	15.38	7.69	0.00
Acceptable (2 points)	23.08	23.08	7.69
Pleasant (3 points)	23.08	7.69	46.15
Good (4 points)	23.08	30.77	30.77
Excellent (5 points)	15.38	23.08	15.38
Exceptional (6 points)	0.00	7.69	0.00
% Total	100.00	100.00	100.00



รูปที่ 4.19 ความถี่ร้อยละของระดับคะแนนคุณลักษณะกลิ่นของไวน์เม่าตัวอย่างที่ใช้ยีสต์สายพันธุ์ Rhöne2323 vs. ร่วมกับแอมโมเนียมฟอสเฟต 300, และ 500 มิลลิกรัม/ลิตร, และการใช้ยีสต์สายพันธุ์ GHM ร่วมกับแอมโมเนียมฟอสเฟต 500 มิลลิกรัม/ลิตร

ตารางที่ 4.13 ร้อยละของคุณลักษณะด้านรสชาติของไวน์เม่า

Taste Score	**% Frequency of Mao wine treatments**		
	Yeast Rhöne2323 DAP 300 mg/L	**Yeast Rhöne2323 DAP 500 mg/L**	**Yeast GHM DAP 500 mg/L**
Objectionable (o points)	0.00	0.00	0.00
Need improvement (1 points)	15.38	0.00	0.00
Acceptable (2 points)	0.00	7.69	15.38
Pleasant (3 points)	23.08	46.15	30.77
Good (4 points)	53.85	23.08	38.46
Excellent (5 points)	7.69	23.08	15.38
Exceptional (6 points)	0.00	0.00	0.00
% Total	100.00	100.00	100.00



รูปที่ 4.20 ความถี่ร้อยละของระดับคะแนนคุณลักษณะรสชาติของไวน์ม่าตัวอย่างที่ใช้ยีสต์สายพันธุ์ Rhöne2323 vs. ร่วมกับแอมโมเนียมฟอสเฟต 300, และ 500 มิลลิกรัม/ลิตร, และการใช้ยีสต์สายพันธุ์ GHM ร่วมกับแอมโมเนียมฟอสเฟต 500 มิลลิกรัม/ลิตร

สรุปผลการศึกษาด้านเคมีและทางประสาทสัมผัสโดยรวม

ไวน์ตัวอย่างที่ใช้ยีสต์สายพันธุ์ GHM ร่วมกับแอมโมเนียมฟอสเฟต 500 มิลลิกรัม/ลิตร มีคุณสมบัติด้านกลิ่นและรสชาติมีแนวโน้มที่ผู้บริโภคจะยอมรับได้ดี และไม่ต้องได้รับการปรับปรุงการผลิตด้านกลิ่น มีชนิดของอนุพันธ์แอนโธไซยานิน ปริมาณแอนโธไซยานิน ปริมาณสารประกอบฟีนอล และฤทธิ์ต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าสิ่งทดลองอื่น จึงได้รับการคัดเลือกนำไปทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคในตอนที่ 2 ข้อ 2.1 ต่อไป

ตอนที่ 2 ศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัส

2.1 การยอมรับและการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคไวน์เม่าเปรียบเทียบกับไวน์องุ่นเชิงพาณิชย์

ผลการประเมินการยอมรับของผู้บริโภคชาวไทยที่มีความคุ้นเคยกับไวน์เม่ามาก่อน คัดเลือกกลุ่มที่มีภูมิลำเนาอยู่ในจังหวัดสกลนครและใกล้เคียง จำนวน 106 คน ทำการประเมินในวันงานเทศกาลหมากเม่าประจำปีของจังหวัดสกลนคร ระหว่างวันที่ 2-4 กันยายน 2554 (รูปที่ 4.21) โดยใช้ตัวอย่างไวน์เม่าที่ผ่านการคัดเลือกแล้วจากตอนที่ 1 จำนวน 1 หน่วยทดลอง คือตัวอย่างไวน์ที่หมักด้วยยีสต์สายพันธุ์ GHM ร่วมกับการใช้แอมโมเนียมฟอสเฟต 500 มิลลิกรัม/ลิตร เปรียบเทียบกับตัวอย่างไวน์องุ่นเชิงพาณิชย์

ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ประกอบด้วยประชากรเป็นเพศชายร้อยละ 46 และเพศหญิงร้อยละ 54 มีอายุอยู่ในช่วง 31-40 ปีมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 32 มีการศึกษาในระดับปริญญาตรีมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 40 มีอาชีพรับราชการหรือรัฐวิสาหกิจมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 34 มีรายได้ในระดับมากกว่า 15,000 บาท มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 34 และมีภูมิลำเนาเป็นชาวจังหวัดสกลนครมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 78 (ตารางที่ 4.14)

ตารางที่ 4.14 ข้อมูลทางประชากรศาสตร์ของผู้ตอบแบบสอบถาม

Personal data	Frequency	%
1. Sex		
Male	49	46.2
Female	57	53.8
Total	106	100.0
2. Age		
21-30 yrs.	21	19.8
31-40 yrs.	34	32.1
41-50 yrs	27	25.5
Older than 50 yrs	24	22.6
Total	106	100.0
3. Highest education level		
Primary school	31	29.2
Diploma	18	17.0
Bachelor degree	42	39.6
Higher than bachelor	15	14.2
Total	106	100.0

ตารางที่ 4.14 ข้อมูลทางประชากรศาสตร์ของผู้ตอบแบบสอบถาม (ต่อ)

Personal data	Frequency	%
4. Occupation		
Student	8	7.5
Private sector	5	4.7
Freelance/merchant	17	16.0
Farmer	25	23.6
Other	15	14.2
Total	106	100.0
5. Earning/month		
Less than 5000 Baht	24	22.6
5000-10000 Baht	30	28.3
10001-15000 Baht	15	14.2
Higher than 15000 Baht	36	34
No comment	1	0.9
Total	106	100.0
6. Domicile		
Sakolnakorn province	83	78.3
No comment	6	5.7
Other	17	16.0
Total	106	100.0

n = 106

พฤติกรรมการบริโภคไวน์ของผู้ตอบแบบสอบถาม พบว่า มีความถี่ในการดื่มไวน์มากที่สุดปีละครั้งร้อยละ 31 2-3 ครั้งต่อเดือน และ 1 ครั้งต่อเดือนเท่ากันคิดเป็นร้อยละ 20 และ 1-4 ครั้งต่อสัปดาห์ร้อยละ 17 สถานที่ที่ซื้อไวน์มากที่สุดคือร้านค้าโอท็อปร้อยละ 51 และร้านจำหน่ายไวน์เฉพาะทางร้อยละ 13 ราคาไวน์ที่ซื้ออยู่ในระดับต่ำกว่า 500 บาทมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 70 และราคาระหว่าง 500-999 บาทร้อยละ 24 โดยผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นผู้ที่มีความรู้เกี่ยวกับไวน์ในระดับรู้บ้างเล็กน้อยร้อยละ 60 มีความรู้พอสมควรร้อยละ 25 และไม่มีความรู้เลยร้อยละ 14 ชนิดของไวน์ที่ผู้ตอบแบบสอบถามชอบมากที่สุดคือไวน์แดงคิดเป็นร้อยละ 63 และชอบไวน์ที่ผลิตในประเทศไทยมากที่สุดร้อยละ 85 ฝรั่งเศสร้อยละ 16 และออสเตรเลียร้อยละ 11 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.15)

รูปที่ 4.21 การประเมินการยอมรับและการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคที่มีต่อไวน์เม่า แบบ Central location test ณ ศาลาว่าการอำเภอภูพาน จ. สกลนคร ในเทศกาลวันหมากเม่าประจำปี ระหว่าง 2-4 กันยายน 2554

ตารางที่ 4.15 ข้อมูลพฤติกรรมการบริโภคไวน์

Personal data	Frequency	%
1. How often do you drink wine?		
1-4 times a week	19	17.9
Once a month	22	20.8
2-3 times a month	22	20.8
4-5 times a month	10	9.4
Once a year	33	31.1
Total	106	100.0
2. Where do you buy a wine?		
OTOP shop	66	51.1
Wine shop	17	13.1
Convenience store	9	6.9
Duty free shop	7	5.4
Restaurant, bar, club	3	2.3
Other	16	12.4
Total	106	100.0
3. What is the preferable rate of wine?		
Less than 500 Baht	75	70.8
500-999 Baht	26	24.5
1,000-1,999 Baht	3	2.8
Higher than 2000 Baht	2	1.9
Total	106	100.0
4. How is your wine knowledge?		
Nothing	15	14.2
Slight	64	60.4
Middle	27	25.5
Expert	0	0
Total	106	100.0
5. What is your most favorite wine style?		
Red wine	67	63.2
Spy	32	30.2
White wine	14	13.2
Any	13	12.3
Other	5	4.7

ตารางที่ 4.15 ข้อมูลพฤติกรรมการบริโภคไวน์ (ต่อ)

Personal data	Frequency	%
Total	106	100.0
6. What is your most favorite wine country?		
Thailand	85	48.8
France	29	16.6
Australia	11	6.3
Chili	7	4.0
Italy	7	4.0
Newzealand	3	1.7
America	3	1.7
South Africa	3	1.7
Spain	2	1.1
Other	3	1.7

n = 106

ปัจจัยที่ใช้ในการตัดสินใจเลือกซื้อไวน์ที่อยู่ในเกณฑ์สำคัญมากที่สุดตามลำดับดังนี้ ด้านลักษณะปรากฏ รสชาติ และกลิ่นของไวน์ ด้านข้อกล่าวอ้างคุณประโยชน์ต่อร่างกาย ชนิดของผลไม้ที่ใช้ทำไวน์ ราคา แหล่งที่มาหรือประเทศผู้ผลิต คำแนะนำจากผู้ใกล้ชิด และคำแนะนำจากหนังสือหรือรางวัลที่ได้รับจากการประกวดไวน์ (ตารางที่ 4.16)

ตารางที่ 4.16 ความสำคัญของปัจจัยที่ใช้ในการตัดสินใจเลือกซื้อไวน์

Factors	Score (%)				
	Not Important	Important	Very important	Most important	No comment
1. Kind of fruit wine	8.5	35.8	28.3	27.4	0
2. Source of wine production	12.3	38.7	36.8	11.3	0.9
3. Price	7.5	50.9	26.4	14.2	0.9
4. Brand	10.4	48.1	17.0	23.6	0.9
5. Suggestion from close friends	8.5	50.0	27.4	11.3	2.8
6. Suggestion from wine book or wining award or sensory score	9.4	44.3	33.0	10.4	2.8
7. Appearance, aroma, flavor and taste of wine	0	30.2	31.1	37.7	0.9
8. Nutritive values	2.8	37.7	28.3	30.2	0.9

ผลการทดสอบความชอบและการยอมรับตัวอย่างไวน์เม่าที่มีการใช้ยีสต์สายพันธุ์ GHM ร่วมกับแอมโมเนียมฟอสเฟต 500 มิลลิกรัม/ลิตร และตัวอย่างไวน์องุ่นเชิงพาณิชย์ พบว่า ผู้บริโภคมีความชอบต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสไวน์ 3 คุณลักษณะได้แก่ กลิ่น รสชาติ และความประทับใจ โดยรวมอยู่ในระดับเยี่ยม และไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.17) และผู้บริโภคยอมรับไวน์เม่าและไวน์องุ่นร้อยละ 92 และ 86 ตามลำดับ และคิดว่าจะซื้อไวน์เม่าและไวน์องุ่นที่ทดสอบหากจำหน่ายในราคาระหว่าง 500-999 บาทร้อยละ 68 และ 73 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.18)

ตารางที่ 4.17 เปรียบเทียบคะแนนทางประสาทสัมผัสของไวน์เม่าและไวน์องุ่นเชิงพาณิชย์แบบ Central location test

Characteristic	Average scores	
	Mao wine[1]	Commercial grape wine
Aroma [2] $_{ns}$	4.46 ± 1.22	4.22 ± 1.30
Taste [2] $_{ns}$	4.27 ± 1.25	4.35 ± 1.41
Acceptability[3] $_{ns}$	1.41 ± 0.54	1.40 ± 0.58

Data present : Mean ± sd

ns : not significant difference ($p \leq 0.05$) within the same row

[1] The wine sample of yeast strain GHM vs. DAP 500 mg/L

[2] Aroma, Taste : 6 = exceptional 5 = excellent 4 = good 3 = pleasant 2 = acceptable 1 = need improvement 0 = objectionable

[3] Acceptability : 2 = excellent 1 = good 0 = objectionable

ตารางที่ 4.18 การยอมรับและการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคที่มีต่อไวน์เม่าและไวน์องุ่นเชิงพาณิชย์

Data	Mao wine[1]		Commercial grape wine	
	Frequency	%	Frequency	%
1. Acceptability				
Yes	98	92.5	92	86.8
No	8	7.5	14	13.2
Total	106	100.0	106	100.0
2. Decision to buy (at rate of 500-999 Baht)				
Yes	73	68.9	78	73.6
No	33	31.1	27	25.5
No comment	0	0	1	0.9
Total	106	100.0	106	100.0

[1] The wine sample of yeast strain GHM vs. DAP 500 mg/L

ผลการติดตามการเปลี่ยนแปลงการยอมรับและตัดสินใจซื้อไวน์เม่าของผู้บริโภคก่อนและหลังจากทราบข้อมูลด้านประโยชน์การได้รับสารต้านอนุมูลอิสระหรือความมีประโยชน์ต่อสุขภาพ พบว่า ผู้บริโภคยอมรับไวน์เม่าก่อนและหลังทราบข้อมูลด้านประโยชน์ต่อสุขภาพไวน์ร้อยละ 92 และ 98 ตามลำดับ และผลการประเมินทางสถิติแบบ McNemar test พบว่า ผู้บริโภคยอมรับผลิตภัณฑ์ไวน์เม่ามากขึ้นเมื่อทราบข้อมูลด้านประโยชน์ต่อสุขภาพอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และผู้บริโภคคิดว่าจะซื้อไวน์เม่าที่จำหน่ายในราคาระหว่าง 500-999 บาทก่อนและหลังทราบข้อมูลร้อยละ 68 และ 78 ตามลำดับ และผลการประเมินทางสถิติแบบ McNemar test พบว่า ผู้บริโภคมีการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ไวน์เม่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ก่อนและหลังทราบข้อมูลด้านประโยชน์ต่อสุขภาพ (ตารางที่ 4.19 และ 4.20)

ตารางที่ 4.19 เปรียบเทียบการยอมรับและการซื้อผลิตภัณฑ์ไวน์เม่าก่อนและหลังจากการรับทราบประโยชน์ของสารต้านอนุมูลอิสระ

Data	Before antioxidant acknowledgement		After antioxidant acknowledgement	
	Frequency	%	Frequency	%
1. Acceptability to Mao wine				
Yes	98	92.5	104	98.1
No	8	7.5	2	1.9
Total	106	100.0	106	100.0
2. Decision to buy (at rate of 500-999 Baht)				
Yes	73	68.9	83	78.3
No	33	31.1	23	21.7
Total	106	100.0	106	100.0

ตารางที่ 4.20 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการยอมรับและการตัดสินใจซื้อไวน์เม่าของผู้บริโภคก่อนและหลังทราบข้อมูลการได้รับสารต้านอนุมูลอิสระโดยใช้เทคนิค McNemar Test[1]

Factors	χ^2	p-value
Acceptability	24.97	0.031
Decision to buy	20.23	0.064

[1] evaluated by Chi-square, df = 1

2.2 ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการทดสอบเชิงพรรณนา

ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการทดสอบเชิงพรรณนา (Descriptive analysis) โดยการหาค่าความเข้ม (Intensity) ในไวน์เม่าทั้ง 3 สิ่งทดลองคือการใช้ยีสต์สายพันธุ์ Rhöne2323 ร่วมกับแอมโมเนียมฟอสเฟต 300, และ 500 มิลลิกรัม/ลิตร, และการใช้ยีสต์สายพันธุ์ GHM ร่วมกับแอมโมเนียมฟอสเฟต 500 มิลลิกรัม/ลิตร พบว่า มีคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นจำนวน 29 คุณลักษณะ ซึ่งไวน์เม่าทั้ง 3 สิ่งทดลองมีค่าเฉลี่ยความเข้มของกลิ่นที่วัดด้วยสเกลเส้นตรงความยาว 15 เซนติเมตร จากมากไปน้อย คือ กลิ่นเม่า (6.66-7.06) กลิ่นมะขามเปียก (6.10-6.97) กลิ่นกระเจี๊ยบ (6.41-6.96) และกลิ่นพรุน (6.10-6.76) และมีค่าเฉลี่ยความเข้มของกลิ่นโอ๊คต่ำสุด (2.49-3.88) แต่ไวน์ตัวอย่างทั้ง 3 สิ่งทดลองไม่มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.21) สอดคล้องกับงานวิจัยการทดสอบทางประสาทสัมผัสของกลิ่นในไวน์องุ่นสายพันธุ์ Cabernet Sauvignon ที่มีคุณลักษณะกลิ่นจำนวน 32 คุณลักษณะ และชนิดกลิ่นที่สำคัญได้แก่ กลิ่นแบลคเคอเรนท์ กลิ่นบลูเบอรี่ กลิ่นพริกไทยสด กลิ่นวนิลา และกลิ่นควัน (Tao and Zhang, 2010) และไวน์ราสเบอรี่สายพันธุ์ *Rubus idaeus L.* พบคุณลักษณะกลิ่นจำนวน 13 กลิ่น และชนิดกลิ่นที่สำคัญได้แก่ กลิ่นสมุนไพร กลิ่นแบลคเบอรี่ และกลิ่นผลไม้ (Whasley *et al*., 2010)

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยการจำแนกกลุ่มตัวแปร (Factor Analysis) เพื่อค้นหาคุณลักษณะกลิ่นที่โดดเด่นของไวน์เม่าตัวอย่าง (รูปที่ 4.22) พบว่า ตัวแปรคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นจำนวน 29 คุณลักษณะของไวน์เม่าทั้ง 3 สิ่งทดลองสามารถจำแนกได้ 6 กลุ่มเช่นเดียวกันทุกสิ่งทดลอง อย่างไรก็ตามพบว่า ไวน์เม่าทั้ง 3 สิ่งทดลอง มีองค์ประกอบของคุณลักษณะกลิ่นในแต่ละกลุ่มที่โดดเด่นต่างกันดังนี้

คุณลักษณะกลิ่นของไวน์เม่าตัวอย่างที่ใช้ยีสต์สายพันธุ์ Rhöne2323 ร่วมกับแอมโมเนียมฟอสเฟต 300 มิลลิกรัม/ลิตร สามารถจำแนกตัวแปรได้ 6 กลุ่ม (ตารางที่ 4.22) ทั้ง 6 กลุ่มอธิบายความแปรปรวนได้ร้อยละ 82.25 โดยตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันสูงจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกันและสามารถใช้อธิบายความแปรปรวนได้สูงที่สุดร้อยละ 21.98 ประกอบด้วยกลิ่นน้ำส้มสายชู กลิ่นอับ กลิ่นโอ๊ค กลิ่นเสาวรส กลิ่นแอปเปิ้ล กลิ่นอบเชย กลิ่นเปลือกส้ม กลิ่นกาแฟ กลิ่นกล้วยและกลิ่นพริกไทย (รูปที่ 4.23)

คุณลักษณะกลิ่นของไวน์เม่าตัวอย่างที่ใช้ยีสต์สายพันธุ์ Rhöne2323 ร่วมกับแอมโมเนียมฟอสเฟต 500 มิลลิกรัม/ลิตร สามารถจำแนกตัวแปร 6 กลุ่ม (ตารางที่ 4.23) ทั้ง 6 กลุ่มอธิบายความแปรปรวนได้ร้อยละ 83.90 โดยตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันสูงจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกันและสามารถใช้อธิบายความแปรปรวนได้สูงที่สุดร้อยละ 30.93 ประกอบด้วยกลิ่นหญ้าแห้ง กลิ่นเสาวรส กลิ่นพริกไทย กลิ่นน้ำผึ้ง กลิ่นหญ้าสด กลิ่นผักดอง กลิ่นวานิลลา กลิ่นกานพลู กลิ่นพริกหยวก กลิ่นแอ๊ปเปิ้ล กลิ่นกล้วย กลิ่นคาราเมล และกลิ่นบลูเบอรี่ (รูปที่ 4.23)

สำหรับคุณลักษณะกลิ่นของไวน์เม่าตัวอย่างที่ใช้ยีสต์สายพันธุ์ GHM ร่วมกับแอมโมเนียมฟอสเฟต 500 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งเป็นสิ่งทดลองที่ได้ผ่านการประเมินผลทางประสาทสัมผัสทั้งด้านกลิ่นและรสชาติของไวน์เม่าในข้อ 1.3.4 และได้นำไปทดสอบผู้บริโภคในข้อ 2.1 แล้วนั้น สามารถจำแนกตัวแปรได้เป็น 6 กลุ่ม (ตารางที่ 4.24) โดยทั้ง 6 กลุ่มอธิบายความแปรปรวนได้ร้อยละ 81.49 ซึ่งสามารถจำแนกตัวแปรทั้ง 6 กลุ่มที่มีความสัมพันธ์กันสูงและจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกันได้ดังนี้

<u>กลุ่มที่ 1</u> ประกอบด้วย คุณลักษณะกลิ่นจำนวน 11 กลิ่นสามารถใช้อธิบายความแปรปรวนได้สูงที่สุดร้อยละ 26.59 คือ กลิ่นอับ กลิ่นเสาวรส กลิ่นน้ำส้มสายชู กลิ่นหญ้าสด กลิ่นผักดอง กลิ่นแอปเปิ้ล กลิ่นบลูเบอรี่ กลิ่นกล้วย กลิ่นอบเชย กลิ่นพริกหยวก และกลิ่นกานพลู (รูปที่ 4.23)

<u>กลุ่มที่ 2</u> ประกอบด้วยคุณลักษณะกลิ่นจำนวน 7 กลิ่นสามารถใช้อธิบายความแปรปรวนได้ร้อยละ 18.55 คือ กลิ่นหญ้าแห้ง กลิ่นน้ำผึ้ง กลิ่นกาแฟ กลิ่นโอ๊ค กลิ่นพริกไทย กลิ่นวานิลลา และกลิ่นคาราเมล

<u>กลุ่มที่ 3</u> ประกอบด้วยคุณลักษณะกลิ่นจำนวน 5 กลิ่นสามารถใช้อธิบายความแปรปรวนได้ร้อยละ 14.26 คือ กลิ่นแยมสตรอเบอรี่ กลิ่นลูกเกด กลิ่นกระเจี๊ยบ กลิ่นซัลเฟอร์ และกลิ่นเม่า

<u>กลุ่มที่ 4</u> ประกอบด้วยคุณลักษณะกลิ่นจำนวน 4 กลิ่นสามารถใช้อธิบายความแปรปรวนได้ร้อยละ 10.02 คือ กลิ่นสับปะรด กลิ่นมะขามเปียก กลิ่นพรุนและกลิ่นเปลือกส้ม

<u>กลุ่มที่ 5</u> ประกอบด้วยคุณลักษณะกลิ่นจำนวน 1 กลิ่น สามารถใช้อธิบายความแปรปรวนได้ร้อยละ 6.12 คือ กลิ่นดอกกุหลาบ

<u>กลุ่มที่ 6</u> ประกอบด้วยคุณลักษณะกลิ่นจำนวน 1 กลิ่น สามารถใช้อธิบายความแปรปรวนได้ร้อยละ 5.93 คือ กลิ่นสาระแหน่

จากผลการศึกษาสารประกอบกลิ่นในไวน์มีความซับซ้อนมาก สารประกอบกลิ่นหลายชนิดก่อให้เกิดกลิ่นเฉพาะของไวน์นั้น ๆ ซึ่งงานวิจัยด้านสารประกอบของกลิ่นของไวน์ที่ผ่านมาไม่เน้นการให้ความสำคัญเฉพาะจำนวนกลิ่นที่พบเท่านั้น แต่คำนึงถึงความคงตัวของกลิ่นและการผสมผสานของสารประกอบกลิ่นหลายชนิดที่เกิดขึ้นด้วย (Guth, 1997: Li, 2006)

สรุป จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการทดสอบเชิงพรรณนาของไวน์เม่าตัวอย่างซึ่งผลิตจากผลเม่าสายพันธุ์ฟ้าประทาน หมักด้วยยีสต์และแอมโมเนียมฟอสเฟตที่แตกต่างกัน พบว่า ทั้ง 3 สิ่งทดลอง มีคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นจำนวน 29 คุณลักษณะ ซึ่งสามารถจำแนกกลิ่นและจัดเป็นผังลักษณะกลิ่นหรือวงล้อกลิ่นของไวน์เม่า (Aroma wheel) ดังรูปที่ 4.24 โดยจำแนกเป็น 6 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มกลิ่นผลไม้ (Fruity) ประกอบด้วยกลิ่นจำนวน 12 ชนิด กลุ่มกลิ่นผัก (Vegetable) ประกอบด้วยกลิ่นจำนวน 4 ชนิด กลุ่มกลิ่นสมุนไพร (Spicy) ประกอบด้วยกลิ่นจำนวน 6 ชนิด กลุ่มกลิ่นคาราเมล (Caramelization) ประกอบด้วยกลิ่นจำนวน 2 ชนิด กลิ่นดอกไม้ (Flower)

ประกอบด้วยกลิ่นจำนวน 1 ชนิด และกลุ่มกลิ่นไม่พึงประสงค์ (Defect) ประกอบด้วยกลิ่นจำนวน 4 ชนิด

สารประกอบที่ทำให้เกิดกลิ่นชนิดต่าง ๆ ที่วิเคราะห์ได้โดยใช้เครื่อง Gas Chromatography-Mass Spectrophotometry (GC-MSD) มีประมาณ 58 ชนิด เมื่อนำมาจัดกลุ่มตาม Aroma descriptors ที่ได้รับจากผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนแล้วเปรียบเทียบกับ Aroma descriptors ที่สืบค้นจากเอกสารอ้างอิง (ตารางที่ 4.8) พบว่า มีสารประกอบให้กลิ่น ที่สามารถจัดจำแนกเป็น 6 กลุ่มดังกล่าวข้างต้นได้ดังนี้

กลุ่ม 1 กลิ่นผลไม้ ประกอบด้วย สารประกอบ Acetic acid 2-methylbutyl ester, Acetic acid 2, และ3 phenylethyl ester, Acetic acid 2-propenyl ester, Octanoic acid ethyl ester, Decanoic acid ethyl ester, Octanoic acid 3-methylbutyl ester, Pentadecanoic acid 3-methylbutyl ester, Butanoic acid ethyl ester, Hexanoic acid ethyl ester, Tetradecanoic acid ethyl ester, Butanedioic acid diethyl ester, Cyclohexanepropanoic acid ethyl ester, Isopropyl ester, Propanoic acid 2-methyl- ethyl ester, Formic acid hexyl ester, Nonanoic acid ethyl ester, Isobutyric acid ethyl ester, Butanoic acid butyl ester, Limonene, Beta.-myrcene, 1 -Hexanol, Beta.-linalool, 3-Methyl-1-butanol, 2,3-Butanediol และ Octanoic acid

กลุ่ม 2 กลิ่นผัก ประกอบด้วย สารประกอบ Octanoic acid 3-methylbutyl ester, Pentadecanoic acid 3-methylbutyl ester, Hexanoic acid ethyl ester, Propanoic acid 2-methyl- ethyl ester, 9-Decenoic acid ethyl ester, Formic acid 2-phenylethanol ester และ Beta.-linalool

กลุ่ม 3 กลิ่นสมุนไพร ประกอบด้วย สารประกอบ Formic acid 2-phenylethanol ester, Beta.-myrcene, Butylated hydroxytoluene (BHT), Hexahydrofarnesyl acetone

กลุ่ม 4 กลิ่นคาราเมล ประกอบด้วย สารประกอบ Benzeneacetic acid ethyl ester, 2 และ 3-Methyl-l butanol

กลุ่ม 5 กลิ่นดอกไม้ ประกอบด้วย สารประกอบ Nonanoic acid ethyl ester, Phthalic acid diisobutyl ester, Nonanoic acid ethyl ester, Benzeneacetic acid ethyl ester, Butanoic acid butyl ester, Formic acid 2-phenylethanol ester, Beta.-myrcene, Phenethyl alcohol, Beta.-linalool, Farnesyl alcohol, 1-Hexadecanol, Hexahydrofarnesyl acetone

กลุ่ม 6 กลิ่นไม่พึงประสงค์ ประกอบด้วย สารประกอบ 1,2-Benzenedicarboxylic acid dibutyl ester, Nonanoic acid ethyl ester, Tetradecanoic acid ethyl ester, Phthalic acid diisobutyl ester, 9-Decenoic acid ethyl ester, Isobutyric acid ethyl ester, 1 -Hexanol, 3-Methyl-1-butanol, Acetic acid, Octanoic acid, 2,6-Di(t-butyl)-4-hydroxy-4-methyl-2,5-cyclohexadiene-1one, Butylated hydroxyanisole (BHA) และ Palmitaldehyde

อย่างไรก็ตามผลการศึกษายังไม่สามารถระบุชนิดของสารประกอบให้กลิ่นเฉพาะที่ตรวจพบในไวน์เม่าตัวอย่างได้ และต้องทำการตรวจสอบระดับความเข้มข้นที่เป็นปัจจัยสำคัญทำให้กลิ่นมีความแตกต่างกันไป เช่น สารกลุ่มเอสเทอร์ที่ความเข้มข้นต่ำจะให้กลิ่นของดอกไม้และผลไม้ และที่ความเข้มข้นสูงจะให้กลิ่นน้ำหอม และเอสเทอร์โมเลกุลสายสั้น (Short chain esters) จะให้กลิ่นของดอกไม้และผลไม้ ส่วนเอสเทอร์โมเลกุลสายยาว (Long chain esters) จะให้กลิ่นสบู่และน้ำหอม (Thurston *et al*., 1981) นอกจากนี้สารให้กลิ่นบางชนิดให้ผลทั้งด้านดีและไม่ดีต่อกลิ่นรสของไวน์ เช่น สารกลุ่ม Higher alcohols เมื่อมีปริมาณเหมาะสมจะให้กลิ่นหอมของผลไม้ ถ้าหากสูงเกินไปจะให้กลิ่นฉุน (Nykanen *et al*., 1977; Lambrechts and Pretorius, 2000; Swiegers and Pretorius, 2005)

นอกจากนี้สารให้กลิ่นที่ตรวจพบในไวน์เม่าตัวอย่างจะเป็นที่น่าประทับใจและได้รับการยอมรับหรือไม่นั้น หากมองในความหมายของคำว่าไวน์ที่มีคุณภาพแล้ว ยังต้องพิจารณาปัจจัยแวดล้อมประกอบอีกหลายประการ เช่น ประวัติส่วนบุคคลของผู้ชิม ได้แก่ สถานที่เกิด ครอบครัว ความคุ้นเคยประเพณีวัฒนธรรม นิสัยการบริโภค และประสบการณ์ เป็นต้น ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่จะทำให้การพรรณนากลิ่น ๆ เดียวกันอาจมีความแตกต่างกันไป ประการสำคัญคือผลการตรวจสอบหา Aroma descriptors ครั้งนี้ ผู้ทดสอบสามารถถ่ายทอดการรับกลิ่นไวน์เม่าตัวอย่างออกมาเป็นคำศัพท์ที่สื่อสารบน Aroma wheel ต้นแบบ และให้ความเข้าใจในเชิงของคุณภาพไวน์ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภคในการเลือกซื้อไวน์เม่าตามคุณภาพที่ต้องการ และผู้ผลิตนำไปใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์เชิงคุณภาพต่อกระบวนการผลิต และการเขียนคำพรรณนาคุณภาพด้านกลิ่นของไวน์เม่าบนฉลากได้อย่างมีประสิทธิภาพ

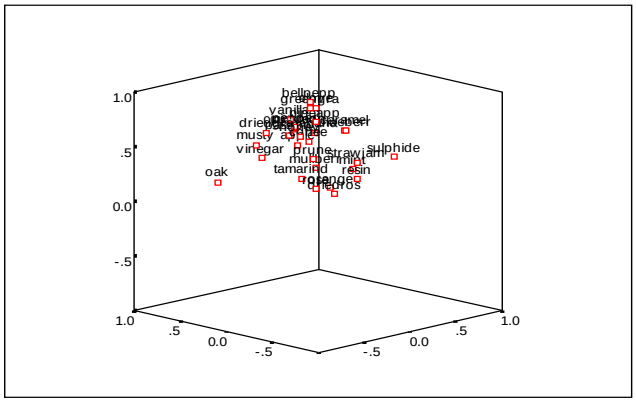
ตารางที่ 4.21 ค่าความเข้ม (Intensity) ของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของไวน์เม่า ที่ผ่านการหมักแบบมาโลแลคติก

	Aroma descriptors[1]	Aroma intensity of Mao wine treatments [ns]		
		Yeast Rhöne2323 DAP 300 mg/L	Yeast Rhöne2323 DAP 500 mg/L	Yeast GHM DAP 500 mg/L
1	Resin	3.92±0.95	4.73±0.99	4.83±0.97
2	Pineapple	4.57±0.85	5.29±0.88	5.17±0.94
3	Strawberry jam	5.21± 1.45	4.84± 1.29	4.56 ±1.58
4	Orange peel	5.41± 1.04	5.19± 0.81	5.30 ±0.82
5	Mulberry	7.06± 1.01	6.68 ±1.40	6.66 ±1.33
6	Dried rosella	6.96 ±0.99	6.41 ±1.48	6.45± 0.92
7	Prune	6.10 ±1.23	6.73± 1.45	6.76± 1.45
8	Tamarind	6.97 ±0.92	6.10± 3.25	6.12 ±1.08
9	Passion fruit	3.83± 1.09	4.27± 0.74	4.75± 0.93
10	Banana	3.75 ±1.05	4.65 ±0.79	4.50 ±0.75
11	Blueberry	4.97± 1.26	5.03 ±1.17	5.53± 0.90
12	Apple	4.41± 0.91	4.26 ±1.58	4.52± 0.88
13	Green grass	4.96± 1.41	5.04 ±1.47	4.70 ±1.41
14	Bell pepper	5.11± 1.25	5.64± 1.40	5.78 ±1.65
15	Mint	4.26 ±1.07	4.63 ±1.13	5.04± 1.37
16	Dried grass	4.26 ±1.26	3.99 ±1.58	4.34 ±0.67
17	Pepper	4.87± 0.95	5.20± 0.96	5.07 ±1.12
18	Clove	4.43 ±0.88	4.20± 0.74	4.41 ±1.24
19	Cinnamon	3.57± 1.13	4.13 ±0.65	3.54± 1.02
20	Vanilla	4.19± 1.04	3.98 ±1.18	4.30± 0.76
21	Oak	2.49± 1.00	3.10 ±0.87	3.88 ±1.20
22	Coffee	3.82 ±0.86	4.03 ±0.90	3.63± 1.49
23	Caramel	4.24 ±0.03	4.33 ±1.19	4.73 ±0.90
24	Rose	4.86 ±1.11	5.16 ±1.37	5.24 ±0.70
25	Honey	5.47 ±0.87	5.00 ±1.26	5.78± 1.54
26	Pickled	4.48 ±1.55	4.18 ±1.66	4.66 ±1.45
27	Musty	3.34± 0.76	3.36 ±1.16	3.31 ±0.70
28	Vinegar	3.19 ±0.90	3.03 ±1.41	3.56 ±0.74
29	Sulphur	4.81± 1.58	5.77± 0.95	5.31± 1.38

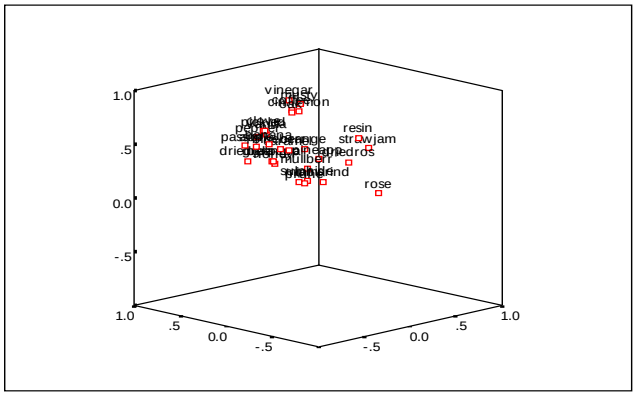
[1] Measured on a 15-cm unstructured line scale

[2] Mean ± sd

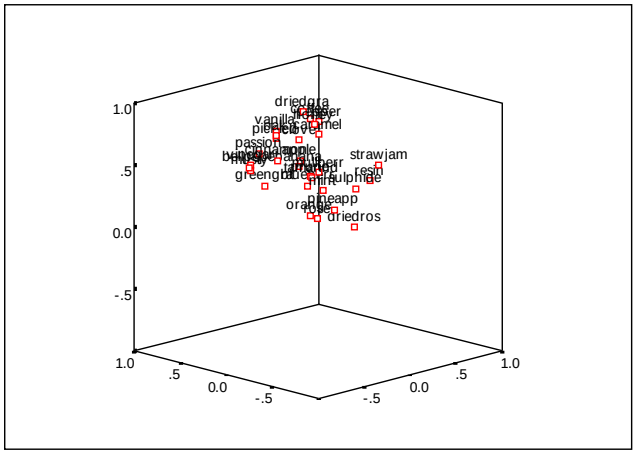
[ns] Not significant



(a)

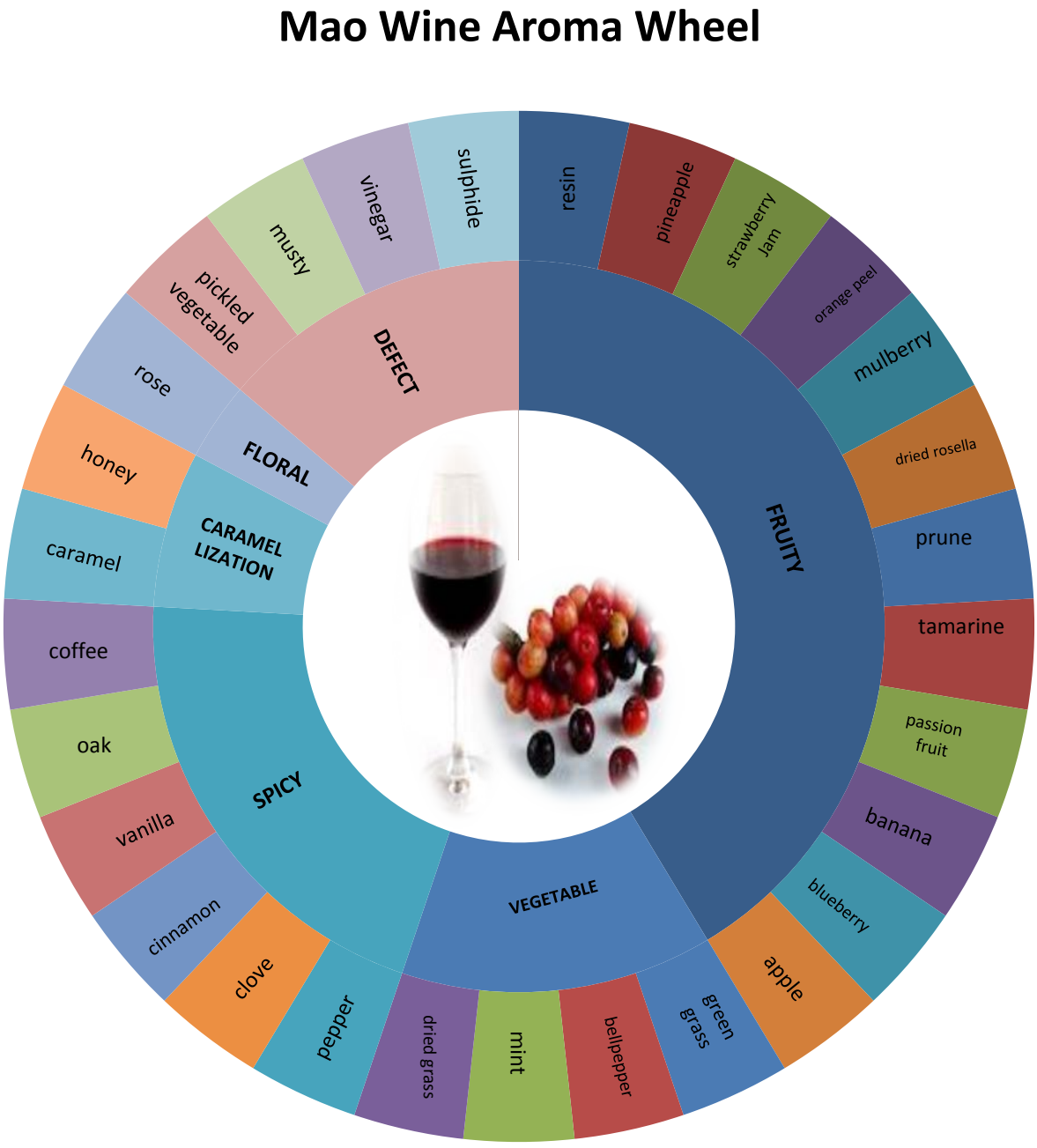


(b)



(c)

รูปที่ 4.22 Component plot in Rotate space ของไวน์เม่าที่ผ่านการหมักด้วยยีสต์และแอมโมเนียมฟอสเฟตแตกต่างกัน (a) ยีสต์ Rhöne2323 ร่วมกับแอมโมเนียมฟอสเฟต 300 มิลลิกรัม/ลิตร (b) ยีสต์ Rhöne2323 ร่วมกับแอมโมเนียมฟอสเฟต 500 มิลลิกรัม/ลิตร (c) ยีสต์ GHM ร่วมกับแอมโมเนียมฟอสเฟต 500 มิลลิกรัม/ลิตร และผ่านการหมักแบบมาโลแลคติก



รูปที่ 4.23 วงล้อกลิ่นหรือผังลักษณะกลิ่นของไวน์เม่า (Aroma wheel)

ตารางที่ 4.22 ค่า Factor loading ของตัวแปรในการจัดกลุ่มตัวแปร (Factor 1-6) ของไวน์ม่าที่หมักด้วยยีสต์สายพันธุ์ Rhöne2323 ร่วมกับแอมโมเนียมฟอสเฟต 300 มิลลิกรัม/ลิตร และผ่านการหมักแบบมาโลแลคติก

Aroma descriptors	Aroma groups					
	1	2	3	4	5	6
Vinegar	.811	.203			.272	
Musty	.804	.337				
Oak	.768		-.322	.299		.266
Passion fruit	.725	.389	.400	.236		
Apple	.706	.290	.485	.222		
Cinnamon	.681	.448	.431	.203	.209	
Pickled	.658	.464	.408	.241		
Coffee	.570	.350	.469	.366		
Banana	.565	.421	.520	.348		
Pepper	.528	.524	.274	.450		
Bell pepper	.228	.837		.313		
Green grass	.293	.756	.207		.264	
Clove	.344	.727	.328			.277
Vanilla	.430	.640		.470		.238
Pineapple	.276	.626	.245		.447	
Dried grass	.501	.547		.535		
Sulphur		.266	.784			.372
Blueberry	.339	.461	.629			
Mint	.243		.622	.211		
Caramel	.289	.483	.586	.413		.275
Orange peel	.442		.581	.372	.240	
Resin			.368	.714	.247	
Mao	.228	.223	.204	.711	.295	
Prune	.243	.300		.529	.479	.409
Honey	.472	.449	.278	.472		.370
Tamarind				.259	.789	
Strawberry jam		.254	.482	.252	.509	.247
Rose						.890
Dried rosella			.358		.549	.638
% of Variance	21.98	18.23	15.35	11.82	7.52	7.34

ตารางที่ 4.23 ค่า Factor loading ของตัวแปรในการจัดกลุ่มตัวแปร (Factor1-6) ของไวน์เม่าที่หมักด้วยยีสต์สายพันธุ์ Rhöne2323 ร่วมกับแอมโมเนียมฟอสเฟต 500 มิลลิกรัม/ลิตร และผ่านการหมักแบบมาโลแลคติก

Aroma descriptors	Aroma groups					
	1	2	3	4	5	6
Dried grass	.884			.309		
Passion fruit	.868	.308				
Pepper	.839	.371		.223		
Honey	.799		.332	.327		
Green grass	.789		.292		.327	.303
Pickled vegetable	.776	.442			.261	
Vanilla	.725	.423				
Clove	.716	.469		.200		
Bell pepper	.713		.231			.453
Apple	.672	.351		.393	.320	
Banana	.654	.349		.441	.354	
Caramel	.634	.261	.310	.350	.406	
Blueberry	.619	.299	.206	.216	.434	
Vinegar	.387	.823				
Oak	.207	.766		.305	-.266	
Coffee	.364	.737		.345	.292	
Musty	.463	.731	.263			
Cinnamon	.483	.658	.281		.339	
Rose			.845			
Strawberry jam	.257	.262	.800			
Resin		.406	.627	.418		
Pineapple	.391	.210	.394		.251	.394
Prune				.745		.494
Mao	.381		.270	.682		.251
Orange peel	.495	.296	.347	.530		
Sulphur	.298				.815	
Mint	.267			.326	.740	.218
Dried rosella		.240	.405	.459	.473	
Ripened Tamarind				.237		.919
% of Variance	30.93	15.84	10.34	10.24	10.06	6.46

ตารางที่ 4.24 ค่า Factor loading ของตัวแปรในการจัดกลุ่มตัวแปร (Factor1-6) ของไวน์เม่าที่หมักด้วยยีสต์สายพันธุ์ GHM ร่วมกับแอมโมเนียมฟอสเฟต 500 มิลลิกรัม/ลิตร และผ่านการหมักแบบมาโลแลคติก

Aroma attributes	Aroma groups					
	1	2	3	4	5	6
Musty	.861	.274				
Passion fruit	.816	.405				
Vinegar	.805	.333			-.338	
Green grass	.765			.364	.232	
Pickled vegetable	.752	.515	.292	.210		
Apple	.722	.298	.525			.229
Blueberry	.686		.571			
Banana	.686	.263	.472		.227	.241
Cinnamon	.674	.365	.231			.372
Bell pepper	.653	.375		.327	.270	
Clove	.566	.526	.357	.366		
Dried grass	.441	.791	.274			
Honey	.212	.753			.421	.260
Coffee	.471	.712	.381			
Oak	.312	.702				.478
Pepper	.383	.700	.397			
Vanilla	.499	.673		.309	.242	
Caramel	.336	.617	.337	.549		
Strawberry jam		.341	.746			
Resin		.210	.706	.329		
Dried rosella	.246		.643		.334	.371
Sulphur	.217		.623	.447		
Mulberry	.529	.236	.543		.328	
Mao				.707		
Tamarind	.306	.291	.243	.590		.334
Prune	.337	.291	.259	.569	.272	
Orange peel	.370		.282	.522		
Rose				.206	.844	
Mint		.239		.220		.851
% of Variance	26.59	18.55	14.26	10.02	6.12	5.93

xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx