



สารประกอบที่ให้กลิ่นรสในไวน์ Flavour Compounds in Wine

อรอง จันทร์ประสาทสุข¹

บทคัดย่อ

ไวน์เป็นเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมักสารประกอบต่าง ๆ โดยเฉพาะน้ำตาลที่มีอยู่ในผลหรือน้ำองุ่นด้วยยีสต์ ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน ได้เป็นสารประกอบทั้งที่สามารถระเหยได้และระเหยไม่ได้จำนวนมาก ทำให้ได้ไวน์ที่มีปริมาณแอลกอฮอล์ประมาณ 9-15 %v/v และเกิดลักษณะเนื้อสัมผัส (body) และกลิ่นรสต่าง ๆ (flavors) ที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะของไวน์ โดยกลิ่นรสของไวน์ที่ได้นั้นประกอบด้วยสารให้กลิ่นมากกว่า 1000 ชนิดที่ได้มาจาก (1) วัตถุดิบคือผลองุ่น (2) กลิ่นรสที่ได้จากการหมัก และ (3) กลิ่นรสที่ได้จากการบ่มไวน์ ผลองุ่นมีสารประกอบที่ไม่สามารถระเหยได้เป็นส่วนใหญ่ ได้แก่ กรดอินทรีย์ สารประกอบในกลุ่มเทอร์ปีน และแทนนินซึ่งมีผลต่อกลิ่นและรสชาติของไวน์ สารประกอบต่าง ๆ ในผลองุ่นนี้จะถูกเปลี่ยนเป็นอนุพันธ์ของสารประกอบทั้งที่ระเหยได้และระเหยไม่ได้จำนวนมาก เช่น แอลกอฮอล์ เอสเทอร์ แอลดีไฮด์และคีโตน ซึ่งสารประกอบเหล่านี้เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดกลิ่นหอมและลักษณะเฉพาะตัวของไวน์ที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมการหมักโดยกระบวนการต่าง ๆ ภายในเซลล์ของยีสต์ และเมื่อนำไวน์ที่ได้ไปผ่านการบ่มจะทำให้กลิ่นรสของไวน์มีความซับซ้อนมากขึ้นจากการออกซิเดชันของสารประกอบที่เป็นทั้งผลิตภัณฑ์ปฐมภูมิและทุติยภูมิที่อยู่ในไวน์และสารประกอบที่ได้จากถังไม้ที่ใช้ในการบ่ม การทราบถึงที่มาของสารประกอบต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบในไวน์จะทำให้สามารถกำหนดปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการสร้างสารประกอบในไวน์และควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไวน์ให้สม่ำเสมอได้

¹ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี 20131

ABSTRACT

Wine is an alcoholic beverage which obtained from the fermentation of grape berry or juice constituents, principally the sugars, to a wide range of volatile and non-volatile end products by yeasts under anaerobic condition, consequently the alcohol content of final wine is 9-15%v/v. Additionally, the compounds are formed during the fermentation can generate the wine body and flavours which are the unique characteristic of wine. The wine flavours are composed of more than 1000 compounds which originated from (1) raw material: grape berry and varietal aromas (2) fermentation and (3) aging. The grapes contribute to various non-volatile compounds which are organic acids, terpene compounds and tannin. These compounds can be metabolized within yeast cells to both of various volatile and non-volatile derivatives that play the important role in the aroma and taste of final wine, namely, alcohols, esters, aldehydes and ketones which are substantially responsible for the bouquets and individual characteristics of a wine. After the fermentation, aging is the process to increase the flavour complexity of wine via a slight oxidation of some either primary or secondary products in wine, and the compounds could be extracted into the wine from the wood casks. The understanding of these compounds formation would help determine the main factors influencing on the wine flavours production and control the consistency of wine quality.

คำสำคัญ: ไวน์ กลิ่นรส สารประกอบเคมี การหมัก

Keywords: Wine, Flavours, Chemical compounds, Fermentation

บทนำ

ไวน์เป็นเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมักผลหรือน้ำองุ่นด้วยยีสต์ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน ซึ่งหลังผ่านการหมักจะทำให้ได้ไวน์ที่มีปริมาณแอลกอฮอล์ประมาณ 9-15 %v/v และเกิดลักษณะเนื้อสัมผัส (body) และกลิ่นรสต่างๆ (flavors) ที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะของไวน์ ไวน์ที่มีความซับซ้อนของกลิ่นรสซึ่งเกิดจากสารประกอบต่างๆ จัดเป็นไวน์ที่มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับและมีชื่อเสียงเป็นที่รู้จักของผู้บริโภค สารประกอบต่างๆ ที่พบในไวน์จึงเป็นปัจจัยที่มีบทบาทสำคัญต่อคุณภาพด้านกลิ่นรสของไวน์ที่ผลิตได้

การประเมินคุณภาพของไวน์จะดูจากลักษณะปรากฏ ได้แก่ สี (color) ความใส (clarity) ความหนืด (viscosity) ขาวไวน์ (spritz) หรือน้ำตาไวน์ (tear) และกลิ่นรส ได้แก่ กลิ่นและรสชาติ (odor and taste) ของไวน์ (Jackson, 2008) อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาคุณภาพทางลักษณะทางประสาทสัมผัสของไวน์ คำว่าการทดสอบชิม (wine tasting) มักถูกนำมาใช้ในการประเมินกลิ่นรสของไวน์ (Clarke and Bakker, 2011)

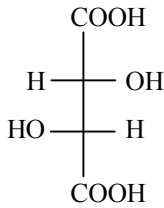
กลิ่นรสของไวน์ที่ได้นั้นประกอบด้วยสารให้กลิ่นมากกว่า 1000 ชนิด ซึ่งกลิ่นรสเหล่านี้ได้จากวัตถุดิบคือผลองุ่น กลิ่นรสที่ได้จากการหมัก และกลิ่น

รสที่ได้จากการบ่มไวน์ อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาในเชิงลึกอย่างต่อเนื่องโดยทีมผู้วิจัยต่าง ๆ ได้แสดงให้เห็นว่าสารประกอบต่าง ๆ ที่ให้กลิ่นรสของไวน์นั้นเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดกลิ่นและลักษณะเฉพาะตัวของไวน์ และสารประกอบเหล่านี้ส่วนใหญ่เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้มาจากกิจกรรมการหมักโดยกระบวนการต่าง ๆ ภายในเซลล์ของยีสต์ทั้งสิ้น (Clarke and Bakker, 2011) โดยยีสต์จะทำหน้าที่เปลี่ยนองค์ประกอบต่าง ๆ ที่มีในน้ำองุ่นซึ่งมีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบหลักได้เป็นผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่เป็นสารประกอบทั้งที่ระเหยได้และระเหยไม่ได้มากกว่า 400 ชนิด ในระหว่างการหมักไวน์ จำนวนของสารประกอบต่าง ๆ เหล่านี้จะมีปริมาณไม่คงที่เนื่องจากอิทธิพลของปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ พันธุ์ขององุ่นที่ใช้ในการหมัก ความสมบูรณ์และระดับความสูงของผลองุ่น อุณหภูมิ และปัจจัยที่สำคัญที่สุดคือ สายพันธุ์ของยีสต์ที่นำมาใช้ในการหมัก (Fleet et al., 2002) จากข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยต่าง ๆ พบว่าชนิดและปริมาณของสารประกอบต่างๆ ที่พบในไวน์ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของยีสต์ซึ่งเกี่ยวข้องกับการสร้างสารเมตาบอไลต์ทุติยภูมิ (secondary metabolites) ในระหว่างการหมักและส่งผลกระทบต่อคุณภาพด้านกลิ่นรสของไวน์ ชนิดของสารประกอบที่พบในไวน์ที่ได้จากการหมักด้วยสายพันธุ์ยีสต์ต่างๆ มีความคล้ายคลึงกัน แต่มีปริมาณที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน (Romano, 2002) สารประกอบที่ให้กลิ่นรสในไวน์จึงเป็นหัวข้อที่น่าสนใจและมีการศึกษากันอย่างกว้างขวาง (Schreier, 1979; Ribéreau-Gayon et al., 2000; Clarke and Bakker, 2011) ซึ่งจะได้อธิบายถึงในบทความนี้

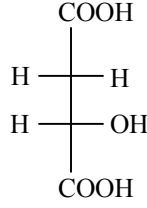
กลิ่นรสของไวน์ในผลองุ่นและก่อนการหมัก

องุ่นมีสารประกอบที่สามารถระเหยได้ปริมาณเล็กน้อยที่ทำให้ไวน์มีกลิ่นรสของผลไม้ที่มีความหลากหลายเฉพาะตัวขององุ่นแต่ละสายพันธุ์ นอกจากนี้ ยังมีสารประกอบที่ไม่สามารถระเหยได้ซึ่งมีผลต่อรสชาติของไวน์ และมีแทนนินที่ให้รสขมและฝาด (Fleet, 2001) กรดอินทรีย์ที่สำคัญและมีปริมาณสูงในผลองุ่นได้แก่ กรดทาร์ทาริก กรดมาลิก และกรดซิตริก โดยมีกรดทาร์ทาริกและมาลิกเป็นส่วนประกอบมากกว่า 90% ของปริมาณกรดอินทรีย์ทั้งหมดที่พบในน้ำองุ่น นอกจากนี้ ยังพบกรดคาร์บอกซิลิกที่ไม่สามารถระเหยได้ในผลองุ่นอีกด้วย กรดอินทรีย์หลักที่พบในผลองุ่นแสดงดังรูปที่ 1

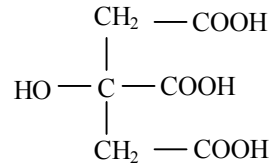
นอกจากนี้ยังสามารถพบสารประกอบในกลุ่มเทอร์พีน (terpene compounds) ในผลองุ่นมากถึง 40 ชนิด โดยแอลกอฮอล์โมโนเทอร์พีนบางชนิดที่พบในผลองุ่นเป็นสารกลุ่มที่ให้กลิ่นหอมสูงสุดในบรรดาสารประกอบเทอร์พีนทั้งหมด โดยเฉพาะลินาลอล (linalol) แอลฟา-เทอร์ไพเนอล (α -terpineol) นีโรล (nerol) เจอราณี-ออล (geraniol) ไซโตรเนลลอล (citronellol) และ โฮ-ไตรเอินอล (ho-trienol) ที่ให้กลิ่นหอมของดอกกุหลาบโดยระดับความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถรับกลิ่นได้ของสารประกอบต่าง ๆ เหล่านี้มีค่าค่อนข้างต่ำประมาณ 200-300 ไมโครกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 1) สารประกอบเทอร์พีนที่ให้กลิ่นหอมส่วนใหญ่ได้แก่ ไซโตรเนลลอล (citronellol) และลินาลอล (linalol) นอกจากนี้ยังสามารถพบสารประกอบจำพวกแอลกอฮอล์ ไฮโดรคาร์บอน แอลดีไฮด์ คีโตน และสารประกอบอื่นที่สามารถระเหยได้ในผลองุ่นด้วย (Schreier, 1979)



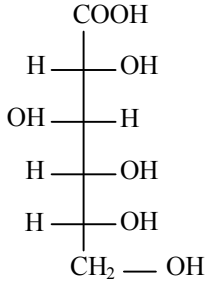
L(+)-Tartaric acid



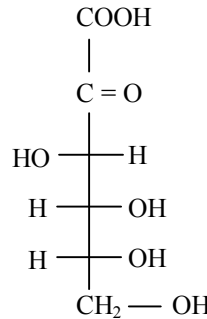
L(-)-Malic acid



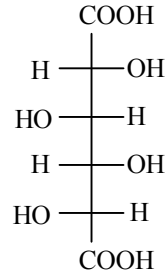
Citric acid



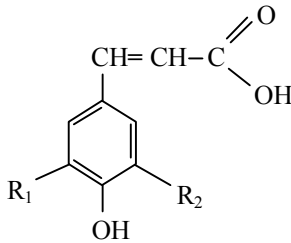
D-Gluconic acid



2-keto D-Gluconic acid

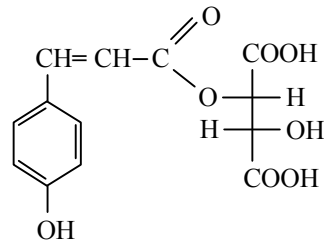


Mucic acid



Coumaric acid (R₁ = R₂ = H)

Caffeic acid (R₁ = OH; R₂ = H)



Coumaroyl tartaric acid

รูปที่ 1 กรดอินทรีย์หลักที่พบในผลองุ่น (ที่มา: ดัดแปลงจาก Ribéreau-Gayon et al. (2000))

ตารางที่ 1 สารประกอบโมโนเทอร์ปีนหลักที่พบในผลองุ่น

สารประกอบ โมโนเทอร์ปีนอล	ระดับความเข้มข้นต่ำสุด ที่สามารถรับกลิ่นได้ (ไมโครกรัมต่อลิตร)	ปริมาณที่พบในไวน์ (ไมโครกรัมต่อลิตร) ^a							คำอธิบายลักษณะกลิ่น
		MA	MF	G	A	R	M	SB	
Linalol	50	455	473	6	80	40	50	17	Rose/ floral ^{a,b}
α-Terpineol	400	78	87	3	37	25	12	9	Lily of the valley/ peach like ^a
Citronellol	18	ND	ND	12	ND	4	3	2	Citronella/ rose ^a
Nerol	400	94	135	43	97	23	4	5	Rose/ floral ^a
Geraniol	130	506	327	218	58	35	16	5	Rose/ floral ^{a,b}
Ho-trienol	110	ND	ND	ND	127	25	ND	ND	Linden

หมายเหตุ: อักษรย่อตัวพิมพ์ใหญ่บนหัวตาราง คือ ชื่อพันธุ์ปลูกองุ่น: MA = Muscat of Alexandria, MF = Muscat de Frontignan, G = Gewürztraminer A = Albariño, R = Riesling, M = Muscadelle, SB = Sauvignon Blanc, ND = not detected (ที่มา: ดัดแปลงจาก Ribéreau-Gayon et al. (2000), ^aRychlik et al. (1998), ^bClarke and Bakker (2011))

กลิ่นรสของไวน์ที่เกิดจากการหมัก

การหมักแอลกอฮอล์ช่วยเพิ่มความซับซ้อนของกลิ่นรสและสารประกอบต่าง ๆ ในไวน์โดยการสกัดสารประกอบจากผลองุ่นแล้วเปลี่ยนเป็นอนุพันธ์ของสารประกอบนั้น และสร้างสารประกอบทั้งที่ระเหยได้และระเหยไม่ได้จำนวนมากในผลิตภัณฑ์ไวน์ (Fleet, 2001) สารประกอบที่เกี่ยวข้องกับการให้กลิ่นรสในไวน์สามารถจำแนกได้เป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ 1) กรดอินทรีย์ทั้งที่สามารถระเหยได้และระเหยไม่ได้ และ 2) สารประกอบอินทรีย์อื่น ๆ ที่สามารถระเหยได้ ดังนี้

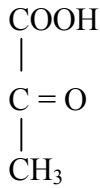
1. กลุ่มกรดอินทรีย์ (volatile and non-volatile organic acids)

เป็นสารประกอบที่ให้ความคงตัว และคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของไวน์ โดยสารประกอบกรดอินทรีย์เหล่านี้มักถูกสร้างขึ้นจากกระบวนการเมตาบอลิซึมของยีสต์ ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็นสองกลุ่มใหญ่ ได้แก่ กรดอินทรีย์ที่ระเหยได้ (volatile acids) และกรดอินทรีย์ที่ระเหยไม่ได้ (fixed acids) ในไวน์ กรดอินทรีย์ที่ระเหยได้คือกรดอินทรีย์ที่สามารถแยกออกจากไวน์ได้โดยการกลั่นด้วยไอน้ำ ในขณะที่กรดอินทรีย์ที่ระเหยไม่ได้ คือกรดอินทรีย์ที่ระเหยได้ไม่ดีและมีปริมาณคงที่ในไวน์ ปริมาณกรดทั้งหมดในไวน์เป็นปริมาณกรดที่รวมทั้งกรดที่ระเหยได้และกรดที่ระเหยไม่ได้ สามารถวิเคราะห์และแสดงเป็นปริมาณของกรดทาร์ทาริกซึ่งเป็นกรดอินทรีย์หลักในไวน์ (รูปที่ 2) กรดอินทรีย์ต่าง ๆ ที่ถูกสร้างขึ้นในระหว่างการหมัก ได้แก่

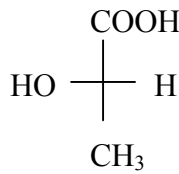
1.1 กรดซัคซินิก กรดซัคซินิกเป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งที่ได้จากการหมักแอลกอฮอล์ด้วยยีสต์ (Radler, 1993) กรดซัคซินิกไม่สามารถถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ภายใต้สภาวะไม่มีออกซิเจน (Jackson, 2008) และเป็นกรดอินทรีย์ที่ให้รสเค็มและขมที่สามารถผลิตได้โดยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* ที่ระดับ

ความเข้มข้นสูงถึง 2.0 กรัมต่อลิตร ขึ้นกับสายพันธุ์ยีสต์ที่นำมาใช้ สำหรับยีสต์ในกลุ่ม *non-Saccharomyces* จะสามารถสร้างกรดซัคซินิกได้ในระดับต่ำ (Shimazu Watanabe, 1981) แต่การมีปริมาณกรดซัคซินิกมากในไวน์นั้นไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพของไวน์ (Fleet, 2001)

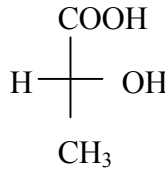
1.2 กรดอะซิติก กรดอะซิติกเป็นกรดหลักที่สามารถระเหยได้ ซึ่งถูกสร้างขึ้นโดยยีสต์ในระหว่างการหมักไวน์ (< 0.3 กรัมต่อลิตร) (Jackson, 2008) Farkaš (1988) รายงานว่าความเข้มข้นของกรดอะซิติกหรือกรดอินทรีย์ที่ระเหยได้ในไวน์นั้นมีค่าประมาณ 0.3-0.6 กรัมต่อลิตร และจะทำให้คุณภาพของไวน์ด้อยลงเมื่อมีความเข้มข้นสูงเกิน 0.7-1.1 กรัมต่อลิตร ซึ่งมีผลทำให้ไวน์มีรสชาติเปรี้ยวและมีกลิ่นที่แสดงการเสื่อมเสียเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ โดยทั่วไปปริมาณกรดอะซิติกที่เพิ่มขึ้นในไวน์มักเกิดจากการปนเปื้อนของแบคทีเรียที่สร้างกรดอะซิติก หรือแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติกในผลองุ่น น้ำองุ่นหรือไวน์ สายพันธุ์ยีสต์ *S. cerevisiae* ที่ใช้ในการหมักไวน์ส่วนใหญ่สามารถสร้างปริมาณกรดอะซิติกได้เพียงเล็กน้อย (< 0.75 กรัมต่อลิตร) แต่บางสายพันธุ์สามารถสร้างปริมาณกรดอะซิติกได้มากกว่า 1.0 กรัมต่อลิตร จึงไม่เหมาะสมสำหรับการใช้เป็นกลิ่นหอมักไวน์ นอกจากนี้ปัจจัยที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญของยีสต์ เช่น สภาวะที่อุณหภูมิต่ำ ปริมาณน้ำตาลสูง pH ต่ำ การมีปริมาณแหล่งไนโตรเจนน้อยเกินไป รวมถึงการทำให้ใส (clarification) ที่มากเกินไปก็เป็นสาเหตุให้ *S. cerevisiae* บางสายพันธุ์สร้างปริมาณกรดอะซิติกได้มากขึ้น (Delfini and Costa, 1993; Moruno et al., 1993; Shimazu and Watanabe, 1981; Fleet, 2001) รูปที่ 3 แสดงกลไกการสร้างกรดอะซิติกระหว่างกระบวนการหมักไวน์โดยยีสต์ และกลไกการเกิดออกซิเดชันของเอทานอลเปลี่ยนเป็นกรดอะซิติกโดยแบคทีเรียที่สร้างกรดอะซิติก



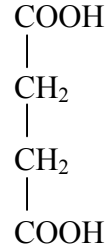
Pyruvic acid



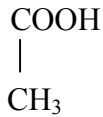
L(+)-Lactic acid



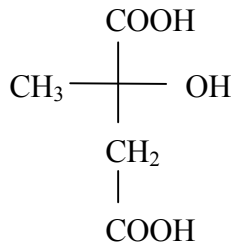
D(-)-Lactic acid



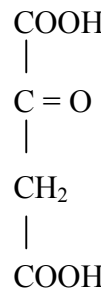
Succinic acid



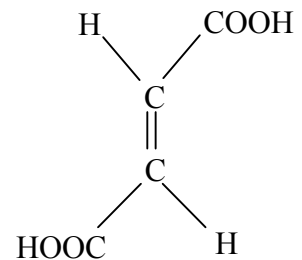
Acetic acid



Citramalic acid



Oxaloacetic acid



Fumaric acid

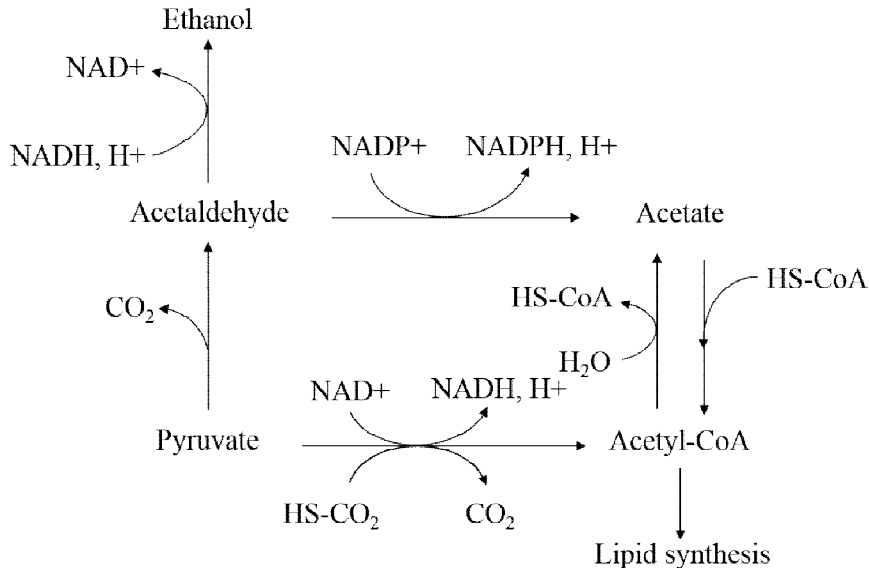
รูปที่ 2 กรดอินทรีย์หลักที่ถูกสร้างขึ้นในระหว่างการหมัก (ที่มา: ดัดแปลงจาก Ribéreau-Gayon et al. (2000))

1.3 กรดฟูมาลิก กรดฟูมาลิกเป็นกรดอินทรีย์ที่พบในปริมาณน้อยมากในระหว่างการหมักไวน์ โดยจะถูกสร้างขึ้นในช่วงแรกของการหมัก (Whiting, 1976) Panchal (1990) รายงานว่ากรดฟูมาลิกสามารถช่วยควบคุมการเจริญของแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติกได้ โดยปริมาณกรดฟูมาลิกที่เหมาะสมสำหรับการควบคุมการเจริญของแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติกมีค่าระหว่าง 0.7-1.5 กรัมต่อลิตร อย่างไรก็ตาม ปริมาณกรดฟูมาลิกที่สูงขึ้นอาจมีผลต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสของไวน์ได้

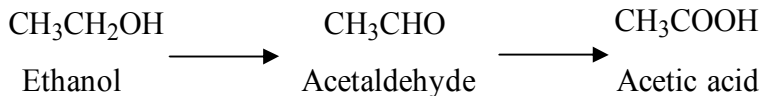
1.4 กรดมาลิก กรดมาลิกเป็นกรดอินทรีย์ที่พบมากในผลองุ่นรองมาจากกรดทาร์ทาริก ยีสต์ที่ใช้สำหรับหมักไวน์โดยทั่วไปสามารถสร้างเอนไซม์ที่สลายกรดมาลิกได้ (malic enzyme) โดยเอนไซม์จะทำหน้าที่เปลี่ยนกรดมาลิกไปเป็นกรดไพรูวิกในระหว่าง

การหมัก (Fleet and Heard, 1993) การหมักแอลกอฮอล์จึงเป็นกระบวนการสำคัญในการสลายกรดมาลิกในน้ำองุ่น ในระหว่างการหมักปริมาณกรดมาลิกบางส่วน (5-50%) จะถูกสลายโดยยีสต์ *S. cerevisiae* และยีสต์หมักไวน์อื่น ๆ ซึ่งยีสต์แต่ละสายพันธุ์จะสามารถสลายปริมาณกรดมาลิกได้แตกต่างกัน และการสลายจะมากขึ้นในสภาวะการหมักที่มีค่า pH ต่ำ ยีสต์ *Schizosaccharomyces* บางสายพันธุ์และยีสต์ *Zygosaccharomyces* บางสายพันธุ์มีความสามารถในการสลายกรดมาลิกได้อย่างสมบูรณ์ (Radler, 1993; Gao and Fleet, 1995) กรดไพรูวิกที่ได้จากกลไกการสลายกรดมาลิกจะถูกดึงหมู่คาร์บอนออก (decarboxylation) แล้วเปลี่ยนไปเป็นเอทานอล ซึ่งจะถูกรีดิวซ์เป็นเอทานอลต่อไป กลไกการสลายกรดมาลิกโดยยีสต์ดังแสดงในรูปที่ 4

(1)



(2)



รูปที่ 3 การสร้างกรดอะซิติกในระหว่างการหมักโดยยีสต์ (1) และแบคทีเรียที่สร้างกรดอะซิติก (2) (ที่มา: ดัดแปลงจาก (1) Farkaš (1988), (2) Ribéreau-Gayon et al. (2006))

1.5 กรดแลคติก การผลิตกรดแลคติกด้วยยีสต์สำหรับหมักไวน์ส่วนใหญ่มีปริมาณน้อยมาก (<0.1 กรัมต่อลิตร) (Fleet, 2001) กรดแลคติกสามารถจำแนกได้จากชนิดของผลิตภัณฑ์ที่ถูกสร้างขึ้น ได้แก่ D(-)-lactic จะถูกสร้างขึ้นโดยยีสต์ภายใต้สภาวะที่ไม่มีออกซิเจน โดยปริมาณของ D(-)-lactic จะขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของยีสต์ที่ใช้ในการหมัก และ L(+)-lactic จะถูกสร้างขึ้นโดยแบคทีเรียในขั้นตอนการหมักแบบมาโลแลคติก (Schreier, 1979) ซึ่งเกิดจากการดึงหมู่คาร์บอน (decarboxylation) ออกจาก L(-) malic acid ให้เปลี่ยนเป็น L(-)lactic ภายในเซลล์ของแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติกในการหมักไวน์ โดยแบคทีเรียกลุ่มนี้มีกลไกในการเคลื่อนย้ายกรดมาลิกเข้าสู่เซลล์ และปลดปล่อยกรดแลคติกและเอนไซม์ที่

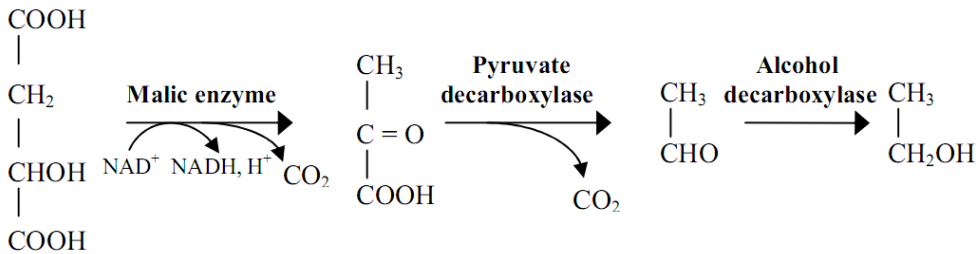
เกี่ยวข้องกับกลไกการหมักมาโลแลคติกสำหรับการดึงหมู่คาร์บอนออกจากกรดมาลิก (Fleet, 2001) รูปที่ 5 แสดงการหมักแบบมาโลแลคติก

1.6 กรดซิทริก กรดซิทริกเป็นกรดอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำอุน่ปริมาณเล็กน้อย (Fuleki et al., 1993) และพบเป็นอันดับสามรองจากกรดทาร์ทาริกและกรดมาลิกในอุน่บางสายพันธุ์ (Soyer et al., 2003; Mato et al., 2006; Mato et al., 2007) ซึ่งยีสต์ทั่วไปที่ใช้สำหรับหมักไวน์สามารถสลายกรดซิทริกได้เพียงเล็กน้อย อย่างไรก็ตาม ปริมาณกรดซิทริกสามารถถูกสลายได้บางส่วนหรือทั้งหมดในระหว่างการหมักแบบมาโลแลคติก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับค่า pH ของไวน์และสายพันธุ์ของแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติกที่นำมาใช้เป็นกล้าเชื้อ การสลายของกรดซิทริกมักมีผลทำให้ปริมาณ

กรดอะซิติกและไดอะซิติกเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และปริมาณของกรดฟูมาลิก กลูโคนิกและไพรูวิกลดลงในระหว่างการหมักแบบมาโลแลคติก (Fleet, 2001)

1.7 กรดทาร์ทาริก กรดทาร์ทาริกเป็นกรดอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำองุ่นและไวน์เช่นเดียวกับกรดมาลิก โดยทั่วไปแล้วกรดทาร์ทาริกจะไม่ถูกย่อยสลายด้วยยีสต์ที่ใช้สำหรับหมักไวน์ (Radler, 1993) ดังนั้น การสลายของกรดทาร์ทาริกจึงเป็นสิ่งที่บ่งบอกถึงการปนเปื้อนในไวน์ เนื่องจากกรดทาร์ทาริกสามารถถูกสลายได้ด้วยกิจกรรมของแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติกบางชนิด (Radler and Yanissis, 1972)

กลไกการย่อยสลายของกรดทาร์ทาริกโดยแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติกหลายสายพันธุ์ ซึ่งมีกลไกการย่อยสลายได้ 2 รูปแบบ ได้แก่ (1) แบคทีเรีย *Lactobacillus plantarum* สามารถสลายกรดทาร์ทาริก 2 โมเลกุลให้เปลี่ยนไปเป็นกรดอะซิติกและกรดแลคติกอย่างละ 1 โมเลกุล และคาร์บอนไดออกไซด์ 3 โมเลกุล และ (2) แบคทีเรีย *Lactobacillus brevis* สามารถสลายกรดทาร์ทาริก 3 โมเลกุลเปลี่ยนไปเป็นกรดอะซิติก 2 โมเลกุล กรดซัคซินิก 1 โมเลกุล และคาร์บอนไดออกไซด์ 4 โมเลกุล (Radler and Yanissis, 1972; Farkaš, 1988)



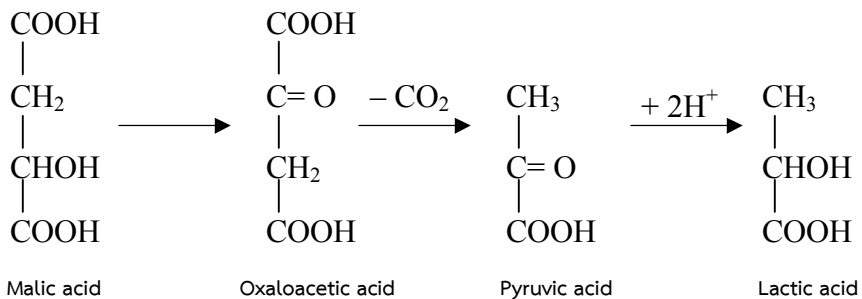
Malic acid

Pyruvic acid

Acetaldehyde

Ethanol

รูปที่ 4 การสลายกรดมาลิกในระหว่างกระบวนการหมักโดยยีสต์ (ที่มา: ดัดแปลงจาก Ribéreau-Gayon et al. (2006))



Malic acid

Oxaloacetic acid

Pyruvic acid

Lactic acid

รูปที่ 5 การหมักแบบมาโลแลคติก (ที่มา: ดัดแปลงจาก Farkaš (1988))

2. กลุ่มสารประกอบอินทรีย์อื่นที่สามารถระเหยได้ (volatile compounds)

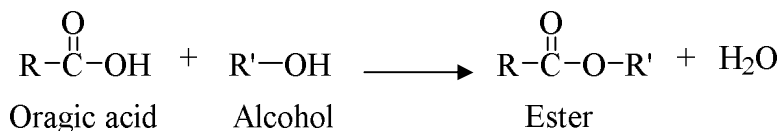
สารประกอบอินทรีย์ที่เป็นสารให้กลิ่นรสและสามารถระเหยได้จะทำหน้าที่ให้กลิ่นหอมของไวน์ซึ่งถูก

สร้างขึ้นในระหว่างการหมักไวน์ด้วยยีสต์ สารประกอบที่มีปริมาณมาก ได้แก่ เอทานอลและกลีเซอรอล และสามารถพบสารประกอบที่สามารถระเหยได้อื่นๆ อีกจำนวนมาก ซึ่งมีปริมาณเพียงเล็กน้อยในไวน์ เช่น

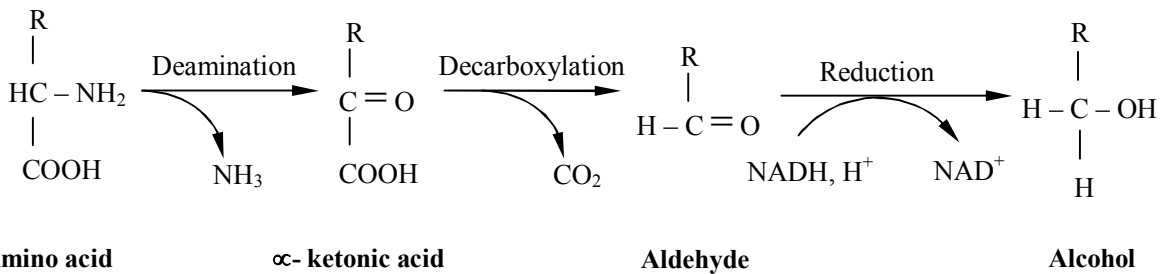
เอสเทอร์ คาร์บอนิล และ สารประกอบซัลเฟอร์ เป็น ต้น (Schreier, 1979)

2.1 เอสเทอร์ สารประกอบเอสเทอร์เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการรวมตัวกันของหมู่คาร์บอนิลของกรดอินทรีย์ และหมู่ไฮดรอกซิลของสารประกอบแอลกอฮอล์หรือสารประกอบฟีนอล (เอสเทอร์-ริฟิเคชัน) (รูปที่ 6) สารประกอบเอสเทอร์เป็นสารให้กลิ่นที่สำคัญในไวน์ ซึ่งพบมากถึง 160 ชนิด สารประกอบ เอสเทอร์ส่วนใหญ่ที่พบในไวน์ ได้แก่ สารกลุ่มเอทิล เอสเทอร์ (ethyl ester) ซึ่งมีระดับความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถรับกลิ่นได้อยู่ที่ประมาณ 0.16 กรัมต่อลิตร และเมื่อสารประกอบนี้มีความเข้มข้นสูงจะสร้างกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์และกลิ่นฉุนของน้ำส้มสายชูในไวน์ด้วย อย่างไรก็ตามสารประกอบ ethyl ester มีบทบาทในการสร้างความซับซ้อนของกลิ่นรสในไวน์ได้ เมื่อมีระดับความเข้มข้นต่ำมาก (0.05-0.08 กรัมต่อลิตร) (Ribéreau-Gayon et al., 2000) การเกิดสารประกอบเอสเทอร์นี้มีผลมาจากหลายปัจจัย โดยกิจกรรมของเอนไซม์เอสเทอร์เรสจากยีสต์ต่างสายพันธุ์ก็เป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่ง Jackson (2008) รายงานว่าเมื่อหมักไวน์ที่สภาวะอุณหภูมิต่ำ (ประมาณ 10°C) ยีสต์สามารถสร้างสารประกอบเอสเทอร์ที่ให้กลิ่นรสของผลไม้ต่าง ๆ (fruity) เช่น ไอโซเอมิล อะซิเตท (isoamyl acetates) ไอโซบิวทิล อะซิเตท (isobutyl

acetates) และ เฮกซิล อะซิเตท (hexyl acetates) ขณะที่การหมักไวน์ในสภาวะที่มีอุณหภูมิสูงขึ้น (15-20°C) ยีสต์จะสร้างสารประกอบเอสเทอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงขึ้น เช่น เอทิล ออกทาโนเอท (ethyl octanoate) เอทิล เดคาโนเอท (ethyl decanoate) และฟีนีล เอทิล อะซิเตท (phenethyl acetate) นอกเหนือจากปฏิกิริยาเอสเทอร์ริฟิเคชันแล้ว สารประกอบเอทิลอะซิเตทของกรดไขมัน และกรดอะซิติกพร้อมกับแอลกอฮอล์มวลโมเลกุลสูง (higher alcohols) สามารถถูกสังเคราะห์ได้จากการรวมตัวกันของอะเซทิล โคเอนไซม์ เอ (acetyl coenzyme A) ที่ได้มาจากกรดไพรูวิกในระหว่างการหมัก ซึ่งสารประกอบเอสเทอร์เหล่านี้มีบทบาทต่อกลิ่นรสของไวน์มากกว่าสารประกอบเอสเทอร์อื่น ๆ สารประกอบเอสเทอร์ของกรดไขมันที่มีถูกสร้างขึ้นในระหว่างการหมักแอลกอฮอล์ ได้แก่ เอทิล เฮกซาโนเอท (ethyl hexanoate; caproate) และ เอทิล ออกทาโนเอท (ethyl octanoate; caprylate) ซึ่งให้ลักษณะของกลิ่นผลไม้ในไวน์ และสารประกอบอะซิเตทของแอลกอฮอล์มวลโมเลกุลสูงต่างๆ (higher alcohols) เช่น ไอโซเอมิล อะซิเตท (isoamyl acetate) ที่ให้กลิ่นกล้วย และฟีนีลเอทิล อะซิเตท (phenylethyl acetate) ที่ให้กลิ่นดอกกุหลาบ (Ribéreau-Gayon et al., 2000)



รูปที่ 6 สมดุลปฏิกิริยาเอสเทอร์ริฟิเคชันของแอลกอฮอล์ (ที่มา: ดัดแปลงจาก Ribéreau-Gayon et al. (2000)



รูปที่ 7 การเกิดสารประกอบ higher alcohols จากกรดอะมิโน (Ehrlich reactions) (ที่มา: ดัดแปลงจาก Ribéreau-Gayon et al. (2006))

2.2 แอลกอฮอล์มอลโมเลกุลสูง (higher alcohols) ในระหว่างการหมักแอลกอฮอล์ ยีสต์สามารถสร้างแอลกอฮอล์มอลโมเลกุลสูงได้ทั้งจากการสลายสารประกอบกรดคีโตนิกที่ได้มาจากสลายน้ำตาลและกรดอะมิโน ซึ่งสารประกอบแอลกอฮอล์มอลโมเลกุลสูงส่วนใหญ่ที่พบในไวน์นั้นได้มาจากการสลายน้ำตาลด้วยยีสต์มากกว่าการสลายกรดอะมิโน (Ribéreau-Gayon et al., 2006) อย่างไรก็ตาม ยีสต์สามารถปลดปล่อยกรดคีโตนิก (ketonic acids) จากการดึงหมู่อะมิโน (deamination) ออกจากกรดอะมิโนต่าง ๆ แล้วเกิดปฏิกิริยาดีคาร์บอกซิเลชัน (decarboxylation) เปลี่ยนไปเป็นแอลดีไฮด์ และเกิดปฏิกิริยารีดักชัน (reduction) ไปเป็นแอลกอฮอล์ (รูปที่ 7) ซึ่งเรียกกลไกนี้ว่าปฏิกิริยาเออร์ลิช (Ehrlich reaction) ที่สามารถสร้างแอลกอฮอล์มอลโมเลกุลสูง (higher alcohols) ในไวน์ได้อีกทางหนึ่ง

2.3. แอลดีไฮด์และคีโตน (Aldehydes และ ketones) สารประกอบแอลดีไฮด์หลักที่ถูกสร้างขึ้นในระหว่างการหมักโดยยีสต์ ได้แก่ อะเซทัลดีไฮด์ (acetaldehyde) (Schreier, 1979; Jackson, 2008) ซึ่งมีองค์ประกอบถึง 90% ของปริมาณแอลดีไฮด์ที่พบในไวน์ หากมีระดับความเข้มข้นของปริมาณแอลดีไฮด์มากเกินไปสารประกอบแอลดีไฮด์นี้จะให้กลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ แต่หากรวมตัวกับสารประกอบออกซิไดซ์อื่นๆ

จะสร้างกลิ่นหอมของเซอริและให้กลิ่นหอมของไวน์ที่ผ่านการออกซิไดซ์ อะเซทัลดีไฮด์เป็นสารประกอบชนิดหนึ่งที่เป็นผลิตภัณฑ์พลอยได้ในช่วงแรกของการหมัก และเมื่อการหมักใกล้เสร็จสมบูรณ์ สารประกอบอะเซทัลดีไฮด์นี้จะถูกดึงกลับเข้าสู่เซลล์ยีสต์และถูกรีดิวซ์ไปเป็นเอทานอล ซึ่งมีผลทำให้ระดับความเข้มข้นของอะเซทัลดีไฮด์มีค่าต่ำลงเมื่อสิ้นสุดการหมัก นอกจากนี้ยังมีสารประกอบแอลดีไฮด์อื่น ๆ ที่มีผลต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสของไวน์ ได้แก่ เฟอร์ฟูรัล (furfural) และ 5-(ไฮดรอกซีเมทิล)-2-เฟอร์รัลดีไฮด์ (5-(hydroxymethyl)-2-furaldehyde) ด้วย เมื่อทำการหมักในสภาวะที่อุณหภูมิสูงมักพบการสังเคราะห์เฟอร์ฟูรัลจากน้ำตาลที่สูงขึ้น โดยเฉพาะในไวน์ที่ผ่านการให้ความร้อนในกระบวนการผลิต สารประกอบเฟอร์ฟูรัลนี้จะช่วยเพิ่มกลิ่นหอมของขนมอบในไวน์ได้ (Jackson, 2008)

สารประกอบคีโตนหลายชนิดถูกสร้างขึ้นในระหว่างการหมัก แต่มีผลต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสของไวน์เพียงเล็กน้อย สารประกอบคีโตนหลักที่มีผลต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสในไวน์ของผู้บริโภค ได้แก่ สารประกอบไดอะเซทิล (diacetyl; 2,3-butanedione) โดยที่ระดับความเข้มข้นต่ำจะให้กลิ่นรสเนย ถั่ว และขนมอบ อย่างไรก็ตาม เมื่อระดับความเข้มข้นของสารไดอะเซทิล (diacetyl) สูงขึ้นจนเกิน

ระดับความเข้มข้นต่ำสุดที่ผู้บริโภคสามารถยอมรับได้ จะทำให้เกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์คล้ายกลิ่นเนยและกรดแลคติก ซึ่งมักเกิดขึ้นเมื่อเกิดการเสื่อมเสียของไขมันที่เกิดจากแบคทีเรียกรดแลคติกบางสายพันธุ์ สารประกอบไดอะเซทิล (diacetyl) สามารถถูกสร้างขึ้นได้ด้วยยีสต์ โดยเฉพาะเมื่อใช้สภาวะการหมักที่มีอุณหภูมิสูง นอกจากนี้ยังมีสารประกอบอะซิโตน (acetoin; 3-hydroxy-2-butanone) ที่ให้กลิ่นน้ำตาลและกลิ่นคล้ายเนยถูกสร้างขึ้นในระหว่างกระบวนการหมักด้วย (Jackson, 2008)

2.4 แลคโตน (lactone) สารประกอบแลคโตนถูกสร้างขึ้นโดยปฏิกิริยาเอสเทอร์ริฟิเคชันภายในโมเลกุลของหมู่คาร์บอนิลและหมู่ไฮดรอกซิล ได้เป็นสารออกซิเจนเฮเทอโรไซเคิล (oxygen heterocycle) (รูปที่ 8) สารประกอบแลคโตนที่ให้กลิ่นหอมในไวน์และเป็นที่ยอมรับกันมากที่สุดได้แก่ แกมมา-บิวทีโรแลคโตน (γ -butyrolactone) ที่ได้จากปฏิกิริยาแลคโตนเซชัน (lactonization) ของกรดแกมมา-ไฮดรอกซีบิวทีริก (γ -hydroxybutyric acid) ซึ่งเป็นสารประกอบที่สร้างมาจากกรดกลูตามิกที่ไม่เสถียร จึงเกิดการสูญเสียหมู่อะมิโนและหมู่คาร์บอกซิล (รูปที่ 8) สารประกอบแลคโตนจะถูกสร้างขึ้นในระหว่างการหมักด้วยยีสต์ โดยพบในไวน์ที่ระดับความเข้มข้นเป็นกรัมต่อลิตร (Schreier, 1979; Ribéreau-Gayon et al., 2000)

2.5 สารประกอบไนโตรเจน สารประกอบไนโตรเจนหลายชนิดถูกพบในผลองุ่นและไวน์ซึ่งมีทั้งในรูปของสารประกอบอินทรีย์เช่น แอมโมเนีย และไนเตรต และสารประกอบอินทรีย์เช่น เอมีน เอไมด์ กรดอะมิโน พาราซีน (parazines) เบสไนโตรเจน ไพริมิดีน โปรตีนและกรดนิวคลีอิกต่าง ๆ ถึงแม้ว่าไพริมิดีน โปรตีน และกรดนิวคลีอิกจะมีความจำเป็นต่อการเจริญ และกระบวนการสร้างและสลายสารต่าง ๆ ในผลองุ่นและเซลล์ยีสต์ แต่สารประกอบเหล่านี้แทบจะ

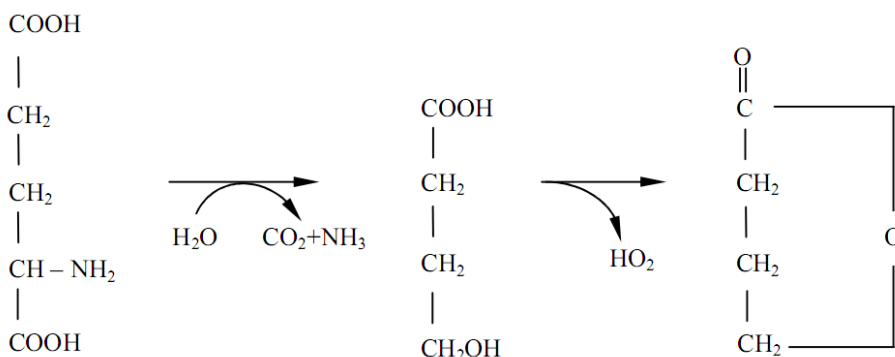
ไม่มีส่วนเกี่ยวข้องโดยตรงกับสมบัติทางด้านประสาทสัมผัสของไวน์ และบางครั้งสารประกอบโปรตีนที่มีสมบัติเป็นคอลลอยด์ยังเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดความขุ่นในไวน์ได้ (Jackson, 2008)

2.6 สารประกอบซัลเฟอร์ สารประกอบอินทรีย์ที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบที่พบในไวน์มีหลายชนิด ทั้งที่มีโครงสร้างเป็นแบบสายตรงและแบบวง ซึ่งสารประกอบซัลเฟอร์ที่ระเหยได้ในไวน์ส่วนใหญ่ได้มาจากกระบวนการสร้างและสลายสารต่าง ๆ ได้แก่ กรดอะมิโน เปปไทด์ และโปรตีนที่มีหมู่ซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบ การสลายตัวของเซลล์ยีสต์ในระยะ death phase และการเกิด autolysis ของเซลล์ยีสต์ ซึ่งส่งผลต่อการสร้างสารให้กลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ และการสัมผัสกับแสงก็อาจกระตุ้นการสร้างสารประกอบซัลเฟอร์เหล่านี้ได้ สารประกอบซัลเฟอร์ที่มีโครงสร้างอย่างง่ายที่สุดที่พบในไวน์ ได้แก่ สารเมอร์แคปแทน (mercaptans) ที่ประกอบด้วยสารไฮโดรคาร์บอนที่เชื่อมต่อกับหมู่ซัลไฟดริล (-SH) สารประกอบสำคัญที่อยู่ในกลุ่มนี้ ได้แก่ อีเทนไทออล (ethanethiol; ethyl mercaptan) ซึ่งให้กลิ่นคล้ายหัวหอมเน่า หรือกลิ่นยางไหม้เมื่อมีความเข้มข้นอยู่ที่ระดับต่ำสุดที่สามารถรับได้ (1.9-18.7 ไมโครกรัมต่อลิตร) แต่เมื่อมีระดับความเข้มข้นสูงขึ้นสารประกอบนี้จะให้กลิ่นเหม็นและกลิ่นเน่าเสีย สำหรับสารประกอบไทออล (thiol) อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น 2-เมอร์แคปโทเอทานอล (2-mercaptoethanol) เป็นสารประกอบที่ให้กลิ่นคล้ายลานข้าวและกลิ่นยางไหม้ (Rapp et al., 1985) และสารมีเทนไทออล (methanethiol; methyl mercaptan) เป็นสารประกอบที่ให้กลิ่นคล้ายกะหล่ำปลีเน่า (Jackson, 2008)

สารประกอบอีเทนไดไทออล (ethanedithiol) เป็นสารประกอบซัลเฟอร์อีกชนิดหนึ่งที่ให้กลิ่นไม่พึงประสงค์คล้ายยางและกลิ่นซัลเฟอร์

ในไวน์ ethanedithiol จะถูกสร้างขึ้นในสภาวะที่มีสารไฮโดรเจนซัลไฟด์และอะซิโธลดีไฮด์ สารทั้งสองชนิดนี้สามารถรวมตัวกับสารประกอบอื่น ๆ ที่อยู่ในไวน์ กลายเป็นสารให้กลิ่นรสที่ไม่พึงประสงค์ต่าง ๆ ในไวน์ได้ สารประกอบอินทรีย์ซัลเฟอร์อื่น ๆ ที่พบได้ในไวน์ เช่น ไทโออีเทอร์ (thioethers) ไทโอเลน (thiolane) ไทอะโซล (thiazoles) และไทโอเอสเทอร์ (thioesters)

หรือบางครั้งก็เกิดจากสารประกอบซัลเฟอร์ที่เติมลงในไวน์เพื่อยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์อื่น ๆ ที่ไม่ต้องการ อย่างไรก็ตาม กลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ที่เกิดจากสารประกอบซัลเฟอร์หลายชนิดอาจได้มาจากการสลายตัวของยากำจัดแมลงอินทรีย์ที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบได้ (Jackson, 2008)



Glutamic acid

γ-hydroxybutyric acid

γ-butyrolactone acid

รูปที่ 8 การเกิดสารประกอบแกมมา-บิวทีโรแลคโตน (γ-butyrolactone) (ที่มา: ดัดแปลงจาก Ribéreau-Gayon et al. (2000))

กลิ่นรสของไวน์ที่เกิดจากการบ่ม (aging)

การเปลี่ยนแปลงทางเคมีของไวน์จะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องในระหว่างการบ่ม โดยการทำงานของเอนไซม์ต่างๆ ที่มีอยู่ในไวน์ซึ่งมาจากผลองุ่นและเอนไซม์ที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากเซลล์ของยีสต์ และแบคทีเรียที่ทำให้เกิดการหมักแบบมาโลแลคติก รวมทั้งเอนไซม์อื่นที่เติมลงไปก่อนเริ่มการหมักนั้น อาจมีส่วนเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีที่ทำให้เกิดกลิ่นรสในไวน์ได้ (Fleet, 2003) การเพิ่มขึ้นของสารประกอบที่ให้กลิ่นรสที่ถูกพัฒนาขึ้นหลังผ่านการหมักได้จากกระบวนการ ดังต่อไปนี้

1. การออกซิเดชันของสารประกอบในไวน์

สารประกอบที่อยู่ในไวน์ทั้งผลิตภัณฑ์ปฐมภูมิและทุติยภูมิ (primary and secondary products)

จะถูกออกซิไดซ์โดยออกซิเจนที่ละลายอยู่ในไวน์ และออกซิเจนที่ถูกดูดซับโดยไวน์ในระหว่างการเก็บรักษา (Clarke and Bakker, 2011) ในระหว่างการบ่มจะมีการลดลงของกรดไขมันอิสระและแทนนิน และพบการเพิ่มขึ้นของปริมาณอะเซทัลดีไฮด์ (acetaldehyde) และสารประกอบแอลดีไฮด์ที่มีมวลโมเลกุลสูงอื่น ๆ (higher aldehydes) ที่มีจำนวนคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ 4-7 อะตอม

2. สารประกอบจากถังไม้ที่ใช้ในการบ่ม

สารประกอบที่ให้กลิ่นบางชนิดจากถังไม้สามารถถูกสกัดออกมาอยู่ในไวน์ได้ เช่น สารประกอบเฟอร์ฟูรัล (Furfural) 5-เมทิล-เฟอร์ฟูรัล (5-methylfurfural) และกรด 4-ไฮดรอกซี-3-เมทิลออกทาโนอิกแกมมาแลคโตน (4-hydroxy-3-methyloctanoic

acid γ -lactone) (Guymon and Crowell, 1972; Schreier, 1979) นอกจากนี้ สารประกอบฟีนอลิกที่มีในถังไม้โอ๊คยังสามารถถูกสกัดออกมาอยู่ในไวน์ใน

ระหว่างการบ่มได้เช่นกัน สารประกอบที่ระเหยได้ที่ถูกสร้างขึ้นในระหว่างการบ่มไวน์แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สารประกอบที่สามารถระเหยได้บางชนิดที่เกิดขึ้นในระหว่างการบ่มไวน์

สารประกอบที่ระเหยได้	แหล่งที่มา	คำอธิบายกลิ่นที่รับได้ (Olfactory description)
Furfural	Oak wood casks	Sweet ^a
5-Methy-furfural	Oak wood casks	-
4-Hydroxy-3-methyloctanoic γ -lactone	Oak wood casks	Coconut ^{a,b}
Furane	Oak wood casks	-
Phenolic compounds		
Vanillin	American oak wood	Vanilla like ^a
Syringaldehyde	American oak wood	-
Coniferaldehyde	American oak wood	-
Sinapaldehyde	American oak wood	-

ที่มา: ดัดแปลงจาก Schreier (1979), ^a Rychlik et al. (1998), ^b Clarke and Bakker (2011)

บทสรุป

จะเห็นได้ว่ากลิ่นรสในไวน์ที่เกิดขึ้นนั้นมาจากสารประกอบต่าง ๆ ที่ได้จากทั้งผลองุ่นซึ่งใช้เป็นวัตถุดิบของการผลิตไวน์ กระบวนการหมักโดยกล้ำเชื้อยีสต์และขั้นตอนการผลิตอื่น ๆ หลังการหมัก เช่น การทำให้ใส และการบ่ม เป็นต้น ซึ่งทั้งหมดนี้ล้วนเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพด้านกลิ่นรสของไวน์ทั้งสิ้น ซึ่งหากผู้วิจัยและผู้ประกอบการผลิตไวน์สามารถทราบถึงที่มาของการสร้างสารประกอบเหล่านี้ในไวน์ ก็จะสามารถกำหนดและควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไวน์ที่ต้องการได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ปัจจัยที่มีผลต่อกลิ่นรสของไวน์ที่ถูกสร้างขึ้นในระหว่างกระบวนการหมัก ได้แก่ สายพันธุ์ของกล้ำเชื้อยีสต์ อุณหภูมิการหมัก และระยะเวลาการหมัก ซึ่งการที่จะผลิตไวน์ให้ได้คุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคนั้นจำเป็นต้องหาสภาวะการหมักที่เหมาะสมและควบคุมให้มีความคงที่

แนวทางการพัฒนากลิ่นรสของไวน์ที่ถูกสร้างขึ้นในระหว่างการหมักนี้สามารถทำได้โดยการศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อกลิ่นรสของไวน์ที่ถูกสร้างขึ้นในระหว่างกระบวนการหมัก เช่น การเลือกใช้สายพันธุ์ยีสต์ที่เหมาะสมสำหรับการหมักไวน์ การใช้สายพันธุ์ยีสต์มากกว่าหนึ่งสายพันธุ์เพื่อช่วยสร้างกลิ่นรสในไวน์ให้มีความซับซ้อนมากขึ้น หรือการดัดแปรทางพันธุกรรมยีสต์เพื่อให้ได้สายพันธุ์ยีสต์ที่เหมาะสมต่อการนำมาใช้เป็นกล้ำเชื้อสำหรับหมักไวน์หรือสามารถสร้างกลิ่นรสที่ต้องการและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคได้ นอกจากนี้ ยังต้องศึกษาถึงปัจจัยและสภาวะต่างๆ ที่เหมาะสมสำหรับกล้ำเชื้อยีสต์ที่นำมาใช้หมักไวน์ด้วย ซึ่งจะทำให้กล้ำเชื้อยีสต์สามารถสร้างสารให้กลิ่นรสได้ตามต้องการส่งผลให้ได้ไวน์ที่มีกลิ่นรสที่เป็นเอกลักษณ์และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากขึ้นได้

เอกสารอ้างอิง

- Clarke, R.J. and Bakker, J. (2011). Wine flavour chemistry, 2nd, Blackwell Publishing Ltd., Oxford, UK.
- Delfini, C. and Costa, A. (1993). Effects of the grape must lees and insoluble materials on the alcoholic fermentation rate and the production of acetic acid, pyruvic acid, and acetaldehyde. *American journal of enology and viticulture* 44: 86-92.
- Delfini, C. and Formica, J.V. (2001). Wine microbiology: science and technology, Dekker, New York, USA. pp.258-259.
- Farkaš, J. (1988). Technology and biochemistry of wine. Gordon and Breach Science Publishers, Montreux, Switzerland.
- Flament, I. (2001). Coffee flavor chemistry, quoted by Clarke and Bakker (2011), Wine flavour chemistry. Blackwell Publishing Ltd., Oxford, UK.
- Fleet, G.H. (2001). Wine. *In* M.P. Doyle, L.R. Beuchat and T.J. Montville (eds.) Food microbiology fundamentals and frontiers, 2nd, ASM press, Washington, DC., USA. pp.747-772.
- Fleet, G.H. (2003). Yeast interactions and wine flavour. *International journal of food microbiology* 86: 11-22.
- Fleet, G.H. and Heard, G.M. (1993). Yeast-growth during fermentation. *In* G.H. Fleet (ed.) Wine microbiology and biotechnology, Harwood Academic Publishers, Chur, Switzerland. pp.27-54.
- Fleet, G.H., Prakitichaiwattana, C., Beh, A.L. and Heard, G. (2002). The yeast ecology in wine grapes. *In* M. Ciani (ed.) Biodiversity and biotechnology of wine yeasts, Research Signpost, Kerala, India. pp.1-17.
- Fuleki, T., Pelayo, E. and Palabay, R. (1993). Carboxylic acid composition of authentic varietal and commercial grape juices. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists International* 76:591-600.
- Gao, C. and Fleet, G.H. (1995). Degradation of malic and tartaric acids by high density cell suspensions of wine yeasts. *Food microbiology* 12: 65-71.
- Guymon, J.F. and Crowell, E.A. (1972). GC-separated brandy components derived from French and American oaks. *American journal of enology and viticulture* 23:114-120.
- Jackson, R.S. (2008). Wine science: principles, practice, perception, 3rd, Academic. pp.270-323.
- Mato, I., Huidobro, J.F., Simal-Lozano, J. and Sancho, M.T. (2006). Simultaneous determination of organic acids in beverages by capillary zone electrophoresis. *Analytica chimica acta* 565(2): 190-197.
- Mato, I., Suarez-Luque S. and Huidobro J.F. (2007). Simple determination of main organic acids in grape juice and wine by using capillary zone electrophoresis with direct UV detection. *Food chemistry* 102(1): 104-112.
- Moruno, E.G., Delfini, C., Pessione, E. and Giunta, C. (1993). Factors affecting acetic acid production by yeasts in strongly clarified grape musts. *Microbios* 74: 249-256.
- Panchal, C.J. (1990). Yeast strain selection. Marcel Dekker, Inc, New York, USA.
- Radler, F. (1993). Yeasts-metabolism of organic acids. *In* G.H. Fleet (ed.) Wine microbiology and biotechnology, Harwood Academic Publishers, Chur, Switzerland. pp.165-182.
- Radler, F. and Yanissis, C. (1972). Weinsäureabbau bei Milchsäurebakterien. *Archives of microbiology* 82:219-238.

- Ribéreau-Gayon, P., Glories, Y., Manjean, A. and Dubourdieu, D. (2000). Handbook of enology: the chemistry of wine stabilization and treatments, vol. 2. John Wiley and Sons Ltd, Chichester, England.
- Ribéreau-Gayon, P., Dubourdieu, D., Donèche, B. and Lonvaud, A., (2006). Handbook of enology: the microbiology of wine and vinifications, vol. 1, 2nd, John Wiley and Sons, Ltd., Chichester, England. pp.53-77.
- Romano, P. (2002). Role of apiculate yeasts on organoleptic characteristics of wine. *In* M. Ciani (ed.) Biodiversity and biotechnology of wine yeasts, Research Signpost, Kerala, India. pp.99-110.
- Rychlik, M., Schieberle, P. and Grosch, W. (1998). Compilation of odor thresholds, odor qualities and retention indices of key food odorants. Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie and Institut für Lebensmittelchemie der Technische Universität München, Garching, Germany.
- Schreier, P. (1979). Flavor composition of wines: A review. *Critical reviews in food science and nutrition* 12:59-111.
- Shimazu, Y. and Watanabe, M. (1981). Effects of yeast strains and environmental conditions on formation of organic acids in must during fermentation. *Journal of fermentation technology* 59:27-32.
- Soyer, Y., Koca, N. and Karadeniz, F. (2003). Organic acid profile of Turkish white grapes and grape juices. *Journal of food composition and analysis* 16:629-636.
- Whiting, G.C. (1976). Organic acid metabolism of yeasts during fermentation of alcoholic beverages-a review. *Journal of the institute of brewing* 82:84-92.

