บทที่ 2
สาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 การผลิตไวน์

ไวน์ (wine) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้มาจากการหมักน้ำองุ่นจะเป็นองุ่นแดง หรือองุ่นขาวก็ได้ ทำให้ได้ไวน์แดง (red wine) ไวน์ชมพู (rose´ wine) หรือ ไวน์ขาว (white wine) รวมเรียกว่า table wine ไวน์ยังมีอีกหลากหลายชนิด ได้แก่ไวน์ชนิดแก๊ส (sparkling wine) ไวน์เสริมเอทิลแอลกอฮอล์ (fortified wine) หรือไวน์แต่งกลิ่น (aromatized wine) ไวน์ดังกล่าวอาจจะมีรสชาติแตกต่างกัน เช่น ไวน์หวาน (sweet wine) ไวน์กึ่งหวาน (medium wine) และไวน์ไม่หวาน (dry wine) ไวน์เหล่านี้จะมีปริมาณเอทิลแอลกอฮอล์ หรือความแรงของแอลกอฮอล์อยู่ในช่วงร้อยละ 5.5-14 โดยปริมาตร (นิธิยา, 2546) ไวน์ที่ผลิตจากผลไม้ชนิดอื่นที่ไม่ใช่องุ่น เรียกว่า ไวน์ผลไม้ หรือ fruit wines ต้องระบุชื่อผลไม้ไว้บนฉลาก เช่น ไวน์สับปะรด ไวน์ลิ้นจี่ ไวน์มะเกี๋ยง เป็นต้น ไวน์นอกจากจะผลิตจากองุ่น และผลไม้แล้วยังผลิตได้จากวัตถุดิบอื่น ๆ เช่น ใบไม้ ดอกไม้ พืชสมุนไพร เครื่องเทศ ข้าว น้ำตาลสด น้ำผลไม้เข้มข้น และน้ำผึ้ง เป็นต้น (ประดิษฐ์, 2546) น้ำไวน์จะมีองค์ประกอบหลักเป็นเอทิลแอกอฮอล์ น้ำตาล แร่ธาตุ วิตามิน สารโพลีฟีนอล (polyphenols) สารคีโตน (ketones) และกรดอินทรีย์อีกไม่น้อยกว่า 22 ชนิด สารเคมีเหล่านี้จะรวมตัวกัน มีรสชาติที่ทำให้คนทั่วโลกนิยม (โชคชัย และคณะ, 2546) การแบ่งประเภทหรือชนิดของไวน์สามารถแบ่งได้หลายแบบตามกลุ่มปัจจัยที่พิจารณาได้แก่

1. ลักษณะสี แบ่งไวน์ได้เป็นไวน์สีขาว ไวน์สีแดง และไวน์สีชมพู (rose´ wine)
2. ปริมาณแอลกอฮอล์ แบ่งไวน์ได้เป็นไวน์ที่มีแอลกอฮอล์ ร้อยละ 8-14 15-17 และ 18-22 โดยปริมาตร (ดีกรี)
3. ปริมาณแก๊สที่ละลายในไวน์ แบ่งไวน์ได้เป็นไวน์นิ่ง (still wine) ไม่มีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ หรือมีแก๊สละลายอยู่น้อย ไวน์ฟอง (sparkling wine) มีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ละลายในไวน์ปริมาณหนึ่งตามที่กฎหมายกำหนด
4. แบ่งตามความนิยมทั่วไป แบ่งเป็นไวน์ประจำโต๊ะอาหาร (table wine) ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นไวน์นิ่ง ไวน์ฟอง (sparkling wine) และไวน์ที่เติมแอลกอฮอล์กลั่นลงไป หรือบรั่นดี (fortified wine) ทำให้ไวน์มีแรงแอลกอฮอล์สูงกว่าร้อยละ 14 โดยปริมาตร (ดีกรี)

5. แบ่งแบบอื่น ๆ ได้แก่ ไวน์แอลกอฮอล์ต่ำ (low alcohol wines) มีอยู่ร้อยละ 8 โดยปริมาตร และไวน์ที่ผลิตขึ้นสำหรับผู้ที่แพ้แอลกอฮอล์ หรือผู้บริโภคที่นับถือศาสนาอิสลาม และศาสนาอื่นซึ่งมีบทบัญญัติห้ามดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ (ประดิษฐ์, 2546)

จำแนกตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมไวน์ (มอก. 2089-2544) ได้แก่

1. ไวน์ หมายถึง เครื่องดื่มที่มีแรงแอลกอฮอล์ที่เกิดจากการหมักผลไม้ น้ำผลไม้ หรือผลผลิตเกษตรบางชนิด เช่น ข้าว น้ำผึ้ง แป้ง น้ำตาล เป็นต้น ทั้งนี้อาจเติมแอลกอฮล์ หรือสุราชนิดอื่น เพื่อทำให้มีแรงแอลกอฮอล์มากขึ้น และอาจปรุงแต่ง สี กลิ่น รส เพิ่มเติมด้วยก็ได้

2. เทเบิลไวน์ (table wine) หมายถึง ไวน์ที่มีแรงแอลกอฮอล์ตามธรรมชาติที่เกิดจากการหมักไม่ต่ำกว่า 7 ดีกรีและไม่สูงกว่า 15 ดีกรี

3. สปาร์กลิงไวน์ (sparkling wine) หมายถึง ไวน์ที่มีแรงแอลกอฮอล์ไม่ต่ำกว่า 9 ดีกรี และไม่สูงกว่า 15 ดีกรี และมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดจากการหมักครั้งที่ 2 ในขวด หรือภาชนะปิดสนิท หรือโดยการเติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

4. ฟอร์ทิไฟด์ไวน์ (fortified wine) หมายถึง ไวน์ที่มีแรงแอลกอฮอล์สูงกว่า 15 ดีกรี แต่ไม่สูงกว่า 23 ดีกรี แรงแอลกอฮอล์ที่เพิ่มขึ้นได้จากการเติมสุรากลั่นระหว่าง หรือหลังการหมัก และส่วนใหญ่จะมีรสหวาน

5. เฟลเวอร์ดไวน์ (flavored wine) หมายถึงไวน์ที่ได้จากการนำเทเบิลไวน์ หรือสปาร์กลิงไวน์ หรือฟอร์ติไฟต์ไวน์มาปรุงแต่งสีและ/หรือกลิ่น และ/ หรือรส และ/ หรือกลิ่นรสให้แตกต่างไปจากการหมักตามธรรมชาติ ทั้งนี้อาจเติมสุรากลั่นด้วยก็ได้ แต่ต้องมีแรงแอลกอฮอล์ไม่เกิน 23 ดีกรี (นิธิยา, 2546)

2.1.1 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการหมักไวน์

1) เชื้อยีสต์ (yeast) ยีสต์ที่ใช้สำหรับหมักไวน์แต่ละชนิดจะแตกต่างกันตามสายพันธุ์ โดยทั่ว ๆ ไป ยีสต์ที่ใช้สำหรับหมักไวน์จะเป็นชนิด *Saccharomyces spp.* ซึ่งมีหลายสายพันธุ์ และที่นิยมใช้ในกระบวนการหมัก ได้แก่ *S. cerevisiae, S. uvarum S. elipsoideus* และ *S. bayanus* ยีสต์ที่ดีจะทำให้เกิดกระบวนการหมักไม่ช้า หรือเร็วเกินไป ยีสต์ *S. elipsoideus* จะเกิดกระบวนการหมักช้ากว่า *S. cerevisiae* แต่มีความทนต่อปริมาณเอทิลแอลกอฮอล์ได้สูง และตกตะกอนแยกออกจากไวน์ได้ง่าย ยีสต์เป็นปัจจัยที่สำคัญในการหมัก เพราะผลิตแอลกอฮอล์ และสารประกอบอื่น ๆ ในไวน์ มีผลต่อคุณภาพในการเก็บรักษาไวน์ ดังนั้น การหมักไวน์เพื่อให้ไวน์ที่ได้มีคุณภาพดี จึงต้องเลือกใช้สายพันธุ์ยีสต์เฉพาะสำหรับหมักไวน์เท่านั้น และจะต้องมีความเหมาะสมกับชนิดของไวน์ที่ต้องการผลิต และชนิดผลไม้ที่ใช้ด้วย การใช้ยีสต์มากเกินไปไม่มีผล

เสีย แต่การใช้น้อยเกินไป อาจทำให้เกิดการเน่าเสียจากแบคทีเรีย ก่อนที่จะเกิดการหมักโดยยีสต์ หากไวน์ที่ได้มีกลิ่นยีสต์ อาจเกิดจากการใช้ยีสต์ผิดชนิด การถ่ายไวน์ (racking) ไม่เหมาะสม หรือนำไวน์มาดื่มเร็วเกินไป การนำไวน์ใหม่ไปดื่มโดยไม่ผ่านการบ่มอาจทำให้มีกลิ่นยีสต์ และยีสต์แต่ละสายพันธุ์จะให้ไวน์ที่มีกลิ่น และรสชาติแตกต่างกันด้วย (นิธิยา, 2546) การหมักแอลกอฮอล์ คือ เปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นเอทิลแอลกอฮอล์หรือ เอททนอล(ethanol) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยยีสต์ ดังสมการดังนี้

$C_6H_{12}O_6$	$\longrightarrow$	$2C_2H_5OH$	+	$2CO_2$	+	Heat
น้ำตาลกลูโคส		เอทานอล		คาร์บอนไดออกไซด์		ความร้อน 2.6 MJ/kg

ในทางทฤษฎีหากใช้น้ำตาล 10 กิโลกรัม จะได้เอทานอล 6.5 ลิตร หรือ 5.1 กิโลกรัม และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 4.9 กิโลกรัม และได้พลังงานในรูปของความร้อน 2.6 เมกาจูลต่อกิโลกรัมของเอทานอล ในทางปฏิบัติจะไม่สามารถผลิตเอทธานอลได้ถึง 5.1 กิโลกรัม เนื่องจากน้ำตาลส่วนใหญ่จะถูกนำไปใช้ในการเจริญของยีสต์ ส่วนมากจะได้ประมาณ 1.5 ถึง 1.8 กิโลกรัม ต่อน้ำตาล 10 กิโลกรัม ในการผลิตไวน์ ยีสต์จะเป็นตัวเปลี่ยนน้ำตาลในน้ำองุ่นหรือผลไม้ให้เป็นแอลกอฮอล์ รสชาติและกลิ่นของไวน์จะได้มาจากยีสต์ส่วนหนึ่ง แต่หลัก ๆ แล้วรสชาติและกลิ่นมาจากผลไม้ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการบำรุงรักษาสภาพดิน และภูมิอากาศในช่วงการปลูกองุ่นมากกว่า อย่างไรก็ตาม มีผู้พัฒนาสายพันธุ์ยีสต์เป็นจำนวนมากที่สามารถทำให้ยีสต์สามารถเพิ่มรสชาติ และกลิ่นของไวน์ให้ดีขึ้น นอกเหนือจากความสามารถในการให้ปริมาณ และทนทานต่อแอลกอฮอล์ได้ดีกว่าในอดีตมาก ยีสต์ที่มีจำหน่ายโดยทั่วไปจะมี 2 ลักษณะ คือ แบบของเหลว หรืออยู่ในสารอาหารเหลว (ยีสต์สด) และแบบแห้ง (ยีสต์ผง) ยีสต์แบบของเหลวมักไม่สะดวกต่อการขนส่ง การใช้งาน และการจัดเก็บ เพราะอายุค่อนข้างสั้น และต้องเก็บในที่อุณหภูมิต่ำ มักนิยมใช้แบบแห้ง (โชคชัย และคณะ, 2546) จากรายงานการวิจัยของ Lurton *et al*. (1995) พบว่าการเปรียบเทียบความสามารถในการหมักไวน์ของยีสต์ *S. cerevisiae* ที่คัดแยกได้ในเขตพื้นที่การผลิตไวน์มี 15 สายพันธุ์ของประเทศฝรั่งเศส โดยเปรียบเทียบกับสายพันธุ์ทางการค้าอีก 1 สายพันธุ์ ตามสภาวะที่กำหนด แล้วศึกษาอัตราการหมักที่ทำให้เกิดกรดที่ระเหยได้ และสารประกอบซัลเฟอร์ พบว่ายีสต์ทั้ง 15 สายพันธุ์รวมทั้งสายพันธุ์ทางการค้า มีความแตกต่างกันทางด้านความสามารถในการเกิดกรดที่ระเหยได้ ซึ่งมีความสำคัญต่อคุณภาพไวน์ที่ผลิตได้ และจากรายงานของ Bardi *et al*. (1997) พบว่า การใช้ยีสต์ *S. cerevisiae* หมักไวน์ที่อุณหภูมิต่ำจะให้ total volatile ที่เป็น amyl alcohols ลดลง

สายพันธุ์ยีสต์ที่มีการผลิตทางการค้า และมีการจำหน่ายอยู่หลายชนิด (นิธิยา, 2546) ได้แก่

- Prise de mousse yeast เป็นยีสต์ที่มีคุณสมบัติที่ดีที่สุด ใช้หมักไวน์ ทั้งองุ่นแดง และองุ่นขาว ทำให้เกิดการหมักอย่างรวดเร็ว และเกิดฟองน้อย เกิดไฮโดรเจนซัลไฟด์ต่ำ ทนต่อซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และเอทิลแอลกอฮอล์ที่ระดับสูง ใช้ผลิตไวน์อัดก๊าซในขั้นตอนการหมักครั้งที่ 2 ได้ดี เป็นสายพันธุ์ยีสต์ที่นิยมใช้หมักไวน์มากที่สุด

- Pasteur champagne yeast มีคุณสมบัติทนต่อเอทิลแอลกอฮอล์ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ได้ระดับสูง และใช้หมักได้ทั้งองุ่นแดง และองุ่นขาว แต่มีข้อเสีย คือเกิดฟองมาก และยีสต์เซลล์มีขนาดเล็กมากจึงแขวนลอยอยู่ในไวน์ทำให้ตกตะกอน หรือกรองแยกออกจากไวน์ยาก

- California champagne yeast ยีสต์สายพันธุ์นี้ใช้หมักไวน์อัดก๊าซ หรือแชมเปญในขั้นตอนการหมักครั้งที่ 2 และภายหลังกระบวนการหมัก ยีสต์จะเกาะตัวรวมกันเป็นก้อนใหญ่ขึ้น ทำให้กำจัดออกได้ง่าย แต่ไวต่อซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และเอทิลแอลกอฮอล์ ดังนั้นระดับของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่ใช้ไม่ควรเกิน 25 มิลลิกรัมต่อลิตร และเอทิลแอลกอฮอล์ที่เกิดขึ้นจะน้อยกว่าร้อยละ 11 โดยปริมาตร ควรเติมอาหารเสริมสำหรับยีสต์ลงในน้ำผลไม้เล็กน้อยก่อนนำไปหมัก

- Lavin yeast เป็นยีสต์ผงที่ผลิตจำหน่ายทางการค้า และนิยมใช้กันมาก

- Epernary yeast เป็นยีสต์ที่นิยมใช้หมักไวน์ผลไม้ ที่ไม่ใช่องุ่นได้ดี แต่ไม่ทนต่อเอทิลแอลกอฮอล์ ดังนั้นน้ำผลไม้ที่นำมาหมักไวน์ไม่ควรมีปริมาณน้ำตาลสูง เพราะเหลืออยู่หลังการหมัก และอุณหภูมิที่เหมาะสมในการหมักประมาณ 10-21.1 องศาเซลเซียส และจะไวต่ออุณหภูมิต่ำมาก จึงสามารถหยุดกระบวนการหมักได้โดยการลดอุณหภูมิให้ต่ำลง ไวน์ใหม่ที่ได้จากยีสต์สายพันธุ์นี้จะมีกลิ่นหอมของผลไม้ (fruity aroma)

- Montrachet yeast นิยมใช้หมักไวน์แดง และไวน์ขาว เกิดการหมักอย่างรุนแรง จึงไม่ควรหมักที่อุณหภูมิสูง และมีข้อเสียคือ ผลิตก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์มากทำให้มีผู้ใช้ลดน้อยลง และต้องเติมอาหารเสริมยีสต์ลงไปด้วย

- Steinberg red yeast มีคุณสมบัติพิเศษ คือ เกิดการหมักได้ที่อุณหภูมิต่ำ (cold fermentation) เนื่องจากทนความเย็นได้ดีถึงแม้อุณหภูมิต่ำกว่า 4.4 องศาเซลเซียส แต่มีข้อเสีย คือ ไม่ทนต่อ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ระดับของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ใช้ไม่ควรเกิน 50 มิลลิกรัมต่อลิตร

- Pasteur red yeast ยีสต์สายพันธุ์นี้ผลิตจำหน่ายในรูปยีสต์ผง ใช้ในการผลิตไวน์แดง และช่วยสกัดสีแดงออกจากเปลือกองุ่นได้ดี เกิดกระบวนการหมักที่รุนแรงในสภาวะอบอุ่น

2) สารอาหารของยีสต์ (yeast nutrients) ในการเจริญเติบโตของยีสต์เพื่อสร้างปริมาณแอลกอฮอล์นั้น จำเป็นต้องได้รับสารอาหารต่าง ๆ ได้แก่ น้ำตาลเชิงเดี่ยว (monosaccharide) มีโครงสร้างลักษณะเป็นวงแหวน วงเดียว เช่น กลูโคส ฟรุคโตส น้ำตาลเชิงคู่ (disaccharide) โครงสร้างเป็นวงแหวนสองวงติดกัน เช่น ซูโครส มอลโตส (โชคชัย และคณะ, 2546) และ

ไนโตรเจนเป็นสารอาหาร ซึ่งใช้ในรูปของ ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต [$(NH_4)_2PO_4$] สารอาหารจะช่วยให้เกิดกระบวนการหมัก และสร้างปริมาณแอลกอฮอล์ให้สูงที่สุดจนกว่ายีสต์จะทนได้ ดังนั้นถ้าผลไม้มีปริมาณสารอาหารต่ำ โดยเฉพาะผลไม้ที่มีการเจือจางด้วยน้ำมาก ในการเตรียมน้ำหมัก จำเป็นต้องเติมสารอาหารเหล่านี้ลงไป (ธีรวัลย์, 2542) จากผลการทดลองหมักไวน์หม่อนด้วยเชื้อยีสต์จากสายพันธุ์ *S. burgundy* และ *S. Montrachet* พบว่า การเตรียมปริมาณไดแอมโมเนียมฟอสเฟตร้อยละ 0.03 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรของน้ำหมัก มีความเหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อยีสต์ทั้ง 2 สายพันธุ์เป็นอย่างดี (ศิริพร, 2540)

3) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยทั่วไปการหมักไวน์ผลไม้จะใช้ค่า pH อยู่ในระหว่าง 3.0-3.6 หรือปริมาณกรดทั้งหมด 4-6 กรัมต่อลิตร ค่า pH ของน้ำหมักสามารถปรับหรือควบคุมได้ ในกรณีที่ต้องการเพิ่มกรด โดยการเติมกรดซิตริค และถ้าต้องการลดปริมาณกรด โดยการเจือจางด้วยน้ำสะอาด (ธีรวัลย์, 2542) และจากรายงาน พบว่า ค่า pH ของน้ำหมักเริ่มต้นที่เหมาะสมต่อการหมักไวน์หม่อนโดยเชื้อยีสต์สายพันธุ์ *S. burgundy* และ *S. Montrachet* มีค่า pH อยู่ในช่วง 3.0-4.0 (ศิริพร, 2540)

4) อุณหภูมิ (temperature) สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการหมักไวน์โดยอุณหภูมิที่ใช้ประมาณ 20-25 องศาเซลเซียส เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเป็น 30-35 องศาเซลเซียส กระบวนการหมักจะเกิดขึ้นอย่างรวด ถ้าอุณหภูมิสูงถึง 38 องศาเซลเซียส หรือสูงกว่านี้ยีสต์จะตายหมด การหมักไวน์ในฤดูหนาว จะเกิดการเปลี่ยนแปลงช้ากว่าในฤดูร้อน และหากที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส หรือลดลงต่ำกว่านี้จะทำให้กระบวนการหมักไวน์หยุด และถ้าอุณหภูมิเหมาะสมกระบวนการหมักไวน์จะสมบูรณ์ใช้เวลาประมาณ 3-4 สัปดาห์ดังนั้นควรควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ตลอดกระบวนการหมัก และหากอุณหภูมิสูงเกิน 35 องศาเซลเซียส ไวน์อาจเกิดการเน่าเสียเนื่องจากแบคทีเรียได้ง่าย ซึ่งจะทำให้ไวน์มีกลิ่นผิดปกติ ควรเหลือปริมาตรช่องว่างที่ส่วนบนของภาชนะ ให้มีอากาศน้อยที่สุด เพื่อป้องกันไม่ให้ก๊าซออกซิเจนทำปฏิกิริยา จนเกิดการออกซิเดชันของไวน์ (นิธิยา, 2546)

5) สารเร่งการเจริญ (growth factors) สารเร่งการเจริญมีความจำเป็นต่อยีสต์อย่างมาก และมีความเกี่ยวข้องกับกระบวนการเมตาบอลิซึมของเซลล์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ยีสต์ (วราวุฒิ, 2538) และสารไบโอติน มีความจำเป็นกับยีสต์ซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการหมัก รวมทั้งจะนำไปใช้กระตุ้นเอนไซม์ และกระบวนการสังเคราะห์ลิปิด รวมถึงกระบวนการเมตาบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต (Smart, 2000) ควบคุมกระบวนการเมตาบอลิซึมของยีสต์โดยควบคุมเอนไซม์ที่เกี่ยวข้อง ทั้งนี้เพราะวิตามินเป็นโคเอนไซม์ หรือสารเริ่มต้น ที่ทำให้เอนไซม์สามารถทำงานได้ และรักษาสภาพของเมมเบรน ของยีสต์ ซึ่งจะมีผลต่อการควบคุมอัตราการหมัก (วราวุฒิ, 2529)

สารเร่งการเจริญได้แก่ ไทอะมีน ไรโบฟลาวิน กรดเพนโทธินิก ไพริโดซีน นิโคไทนาไมด์ ไบโอติน มีโซอินทอล โคบาลาไมด์ และโคลีน (Ribe′reau-Gayon *et al*., 2000)

6) สารต้านการเจริญ (growth inhibitors) สารกลุ่มนี้อาจมีอยู่ตามธรรมชาติ หรือใส่ลงไปภายหลัง และอาจเป็นสารที่เกิดจากกรรมวิธีการผลิตอาหาร หรือเกิดจากเชื้อจุลินทรีย์ สารต้านการเจริญ ได้แก่ สารฆ่าแมลง สารฆ่าเชื้อรา ยาปฏิชีวนะ ความเข้มข้นของเอทธานอล และปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ ที่เกิดจากกระบวนการหมัก มีผลต่อการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งเกิดขึ้นขณะมีการหมักภายใต้ความดันในถังหมัก และปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ และช่วยรักษาคุณภาพของไวน์ (Ribe′reau-Gayon *et al*., 2000) โดยเฉพาะแบคทีเรียที่เปลี่ยนแปลงแอลกอฮอล์ให้เป็นกรดน้ำส้ม (โชคชัย และคณะ, 2546) ในส่วนสารอื่น ๆ คือ ซิลเวอร์ อาร์ซินิก เมอร์คิวรี ลิเทียม และซิลิไนด์ ถ้ามีความเข้มข้นของสารอยู่สูง จะมีผลยับยั้งต่อกระบวนการหมักของยีสต์ (วราวุฒิ, 2529)

7) ยีสต์เพชรฆาต (killer yeasts) ยีสต์บางสายพันธุ์ สามารถผลิตโปรตีน ที่เป็นพิษต่อยีสต์สปีชีส์เดียวกัน หรือสปีชีส์อื่น ยีสต์ธรรมชาติบางชนิดสามารถผลิตสารพิษ (killer toxin) ได้ และอาจทำให้การหมักหยุดชะงักได้ ยีสต์ *S. cerevisiae* ที่ผลิตเพื่อการหมักไวน์หลายสายพันธุ์เป็นยีสต์ที่มีคุณสมบัตินี้ เพื่อควบคุมยีสต์ที่ไม่พึงประสงค์ และเพื่อไม่ให้ถูกทำลายด้วยสารพิษจากยีสต์ในธรรมชาติ (อังคณา และศิริพร, 2543) ตัวอย่างยีสต์เพชรฆาตที่พบ ได้แก่ *Candida, Pichia, Hansenula* และ *Torulopsis* (Zoecklein *et al*., 1995)

2.1.2 ขั้นตอนในการผลิตไวน์ผลไม้

ขั้นตอนในการผลิตไวน์ผลไม้ มีความแตกต่างกันเนื่องจากผลไม้แต่ละชนิดมีลักษณะที่ไม่เหมือนกัน ขั้นตอนในการผลิตเพื่อให้ได้ไวน์ผลไม้ที่มีคุณภาพดี ประกอบด้วย 10 ขั้นตอน (ภาพ 1) แต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้ (ไพบูลย์, 2548 ; ธีรวัลย์, 2546)

1) การคัดเลือกวัตถุดิบ (raw material selection) วัตถุดิบที่จะนำมาผลิต คือ ผลไม้ควรทำการคัดเลือกผลไม้ที่มีความสุกแก่พอดี เพื่อให้มีปริมาณน้ำตาลเพียงพอในการเปลี่ยนไปเป็นแอลกอฮอล์ นอกจากนี้ ต้องไม่เน่าเสียเนื่องจากจะทำให้เกิดการปนเปื้อนโดยเชื้อจุลินทรีย์ตัวอื่น มีกลิ่นหอม สีน่ารับประทานโดยใกล้เคียงกับสีของไวน์แดง ไวน์ขาว หรือไวน์ชมพู (rose´ wine)

2) การเตรียมน้ำหมัก (must preparation) มีผลต่อคุณภาพของไวน์ผลไม้ ที่ได้

2.1) การสกัดน้ำหมัก น้ำผลไม้ที่ใช้ในการหมักไวน์ควรมีปริมาณของน้ำตาล สี และองค์ประกอบอื่น ๆ ของผลไม้ที่ค่อนข้างสมบูรณ์ โดยเฉพาะในส่วนของวิตามินและแร่ธาตุ หรือสารอาหารจำพวกไนโตรเจน และฟอสฟอรัสที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของยีสต์

2.2) การเตรียมน้ำหมักโดยการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่มีในธรรมชาติของผลไม้ เพื่อทำให้เกิดการหมักอย่างสมบูรณ์โดยเชื้อยีสต์ที่บริสุทธิ์ และปรับปริมาณสารอาหารให้พอดีกับความต้องการของยีสต์ที่จะใช้ในการหมัก วิธีการทำลายจุลินทรีย์ สามารถทำได้ คือการต้ม ควรเป็นผลไม้ที่มีความแข็งและต้องการสกัดสีของผลไม้ และการใช้สารเคมี เพื่อทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการก่อนการหมักไวน์คือ โซเดียม หรือโปแตสเซียมเมตาไบซัลไฟท์ (KMS) ปริมาณการใช้ระหว่าง 0.1-0.2 กรัมต่อลิตร ขึ้นอยู่กับชนิดของผลไม้ที่จะนำมาทำไวน์ ถ้าเป็นผลไม้ที่สกปรกมากและเน่าเสียง่าย ควรใช้ในปริมาณที่มากกว่าผลไม้ที่สะอาด

3) การปรับปริมาณกรด และน้ำตาลในน้ำหมัก (must adjustment) เมื่อเตรียมน้ำผลไม้ ได้แล้วจะต้องทำการปรับปริมาณกรด และน้ำตาลในน้ำหมัก ให้มีปริมาณที่เหมาะสมเพียงพอที่ยีสต์จะเจริญ และใช้ในการสร้างแอลกอฮอล์ในปริมาณระหว่างร้อยละ 9- 14 โดยปริมาตร ปริมาณกรดที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 4 - 6 กรัมต่อลิตร และปริมาณน้ำตาล 200 - 250 กรัมต่อลิตร

4) การหมักน้ำหมัก (fermentation) การหมักเป็นกระบวนการเปลี่ยนน้ำตาลที่มีในน้ำหมัก ให้เป็นเอทิลแอลกอฮอล์ (ethyl alcohol) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ กระบวนการหมักแบ่งเป็น 2 ช่วง ช่วงแรกเป็นช่วงที่ยีสต์ทำการแบ่งเซลล์ให้มีปริมาณมากที่สุด ในช่วงนี้จำเป็นต้องให้อากาศกับยีสต์ ช่วงที่ 2 เป็นช่วงของการเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์ ในช่วงนี้ยีสต์ไม่ต้องการอากาศ ดังนั้นในการหมักจึงจำเป็นต้องมีจุกปิดถังหมักชนิดพิเศษที่ไม่ให้อากาศเข้า แต่สามารถปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการหมักออก ได้แก่ แอร์ล็อก (air-lock) ดังนั้น เมื่อกระบวนการหมักเริ่มต้น ควรทำการลดอุณหภูมิการหมักลงเพื่อให้เกิดการหมักที่ช้าลง และใช้เวลานาน เพื่อให้ได้ไวน์ที่มีคุณภาพดี และเมื่อกระบวนการหมักใกล้สิ้นสุดลง ควรเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นเล็กน้อย ประมาณ 24 - 26 องศาเซลเซียส เพื่อช่วยให้ยีสต์ใช้น้ำตาลที่มีในน้ำหมักจนหมด

5) การแยกส่วนใส (racking) หลังการหมักได้สิ้นสุดควรทำการแยกส่วนของไวน์ออกจาก ตะกอนทันที ซึ่งจะช่วยป้องกันการเกิดกลิ่น และรสชาติที่ไม่ดีของไวน์ที่เกิดขึ้นเนื่องจากเซลล์ยีสต์ที่ตายแล้ว กลิ่นที่เกิดขึ้นเนื่องจาก การย่อยสลายของกรดอะมิโน (amino acid) จำพวก cysteine และ methionine เป็นไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) หรือก๊าซไข่เน่า นอกจากนี้ยังเป็นการกำจัดยีสต์ที่ยังไม่ตายออกให้มากที่สุด เพื่อป้องกันไม่ให้ไวน์มีปัญหาเนื่องจากยีสต์ที่หลงเหลือ เมื่อเก็บไวน์ไว้ที่อุณหภูมิสูงจะทำให้เกิดการหมักอีกครั้งได้ การเปลี่ยนไวน์ไปใส่ถังใหม่ที่สะอาดจะช่วยให้ได้ไวน์ที่บริสุทธิ์ และป้องกันการเกิดตะกอนหรือความขุ่นขึ้นในไวน์ภายหลัง หลังจากนั้นทำการทำลายยีสต์ที่หลงเหลือเพื่อหยุดปฏิกิริยาการหมักของยีสต์ โดยการใช้สารโปแตสเซียมหรือโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ ในปริมาณ 0.15 - 0.25 กรัมต่อลิตร เพื่อช่วยให้เกิดการตกตะกอนของสารประกอบเพ็คติกที่เป็นสารแขวนลอยในน้ำไวน์ ทำให้ไวน์ใสเร็วขึ้น

6) การทำให้ไวน์ใส (wine clarification) การทำให้ไวน์ใสเป็นปัญหาสำคัญอันหนึ่งที่พบในการทำไวน์ โดยทั่วไปในการทำไวน์จะทิ้งให้ไวน์ตกตะกอนโดยธรรมชาติจนกว่าไวน์จะใส แต่ถ้าไวน์นั้นไม่ใสจำเป็นต้องมีการเติมสารช่วยตกตะกอน (fining agent) หรือกรอง ด้วยสารช่วยตกตะกอนที่นิยมใช้ เช่น

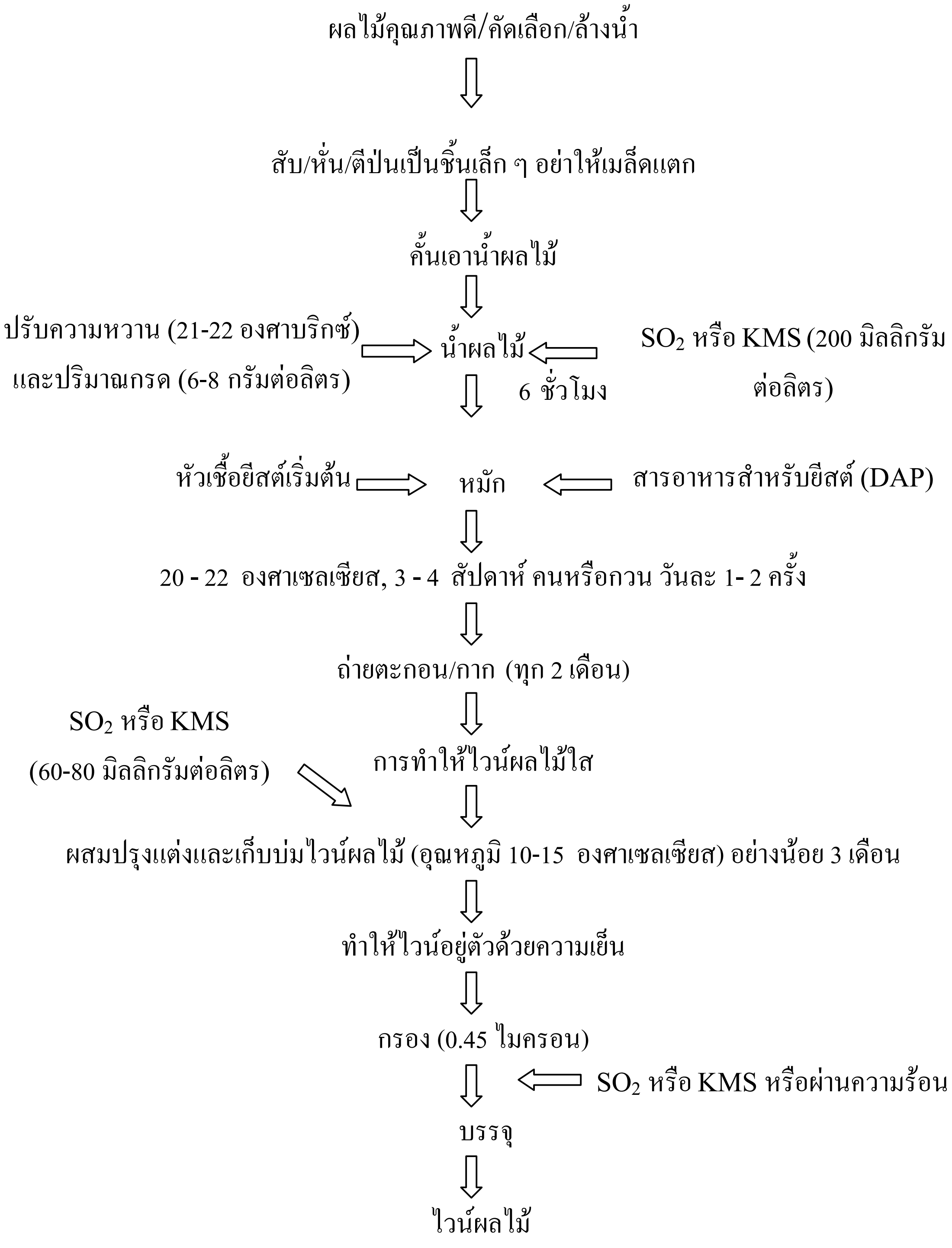
6.1) เจลาติน (gelatin) เตรียมโดยการแช่เจลาติน 1 กรัม ในน้ำเย็น 25 มิลลิตร ประมาณ 2 - 3 ชั่วโมง เพื่อให้ดูดน้ำ และพองตัว เกิดเป็นก้อนใหญ่และมีความนิ่ม หลังจากนั้น ทำการละลายโดยการเติมน้ำร้อนให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิตร แล้วเติมลงในไวน์ที่ต้องการทำให้ใส เจลาตินจะใช้ได้ผลดีกับไวน์ที่มีปริมาณแทนนินสูง

6.2) เบนโทไนท์ (bentonite) เตรียมสารละลายร้อยละ 5 ในน้ำเพื่อให้เกิดการพองตัวโดยค่อย ๆ เทผงเบนโทไนท์ลงในน้ำร้อน และคนตลอดเวลาเพื่อให้เกิดการกระจายตัว เมื่อกระจายตัวดีแล้ว จึงใช้เติมในไวน์ในปริมาณ 20 - 100 มิลลิตรต่อไวน์ 5 ลิตร ซึ่งขึ้นกับความขุ่นของไวน์ เบนโทไนท์เป็นสารช่วยตกตะกอนที่ดีและปลอดภัยที่สุด

7) การบ่ม หรือเก็บ (aging หรือ maturation) ควรเก็บไวน์ที่แยกส่วนใส และหยุดปฏิกิริยาการหมักไวน์ที่มีอุณหภูมิต่ำ ประมาณ 0 - 15 องศาเซลเซียส เพื่อช่วยให้เกิดการพัฒนากลิ่นและรสชาติที่ดีขึ้น ในระหว่างการเก็บจะยังคงมีการตกตะกอนของไวน์เกิดขึ้น จึงควรทำการแยกส่วนใสอีกครั้งหลังจากครั้งแรก 3 - 4 สัปดาห์ การบ่มเป็นช่วงเวลาที่สำคัญที่ทำให้ได้ไวน์ที่มีคุณภาพดี ไวน์แต่ละชนิดจะใช้เวลาในการทำให้เกิดกลิ่นหอมไม่เท่ากัน บางชนิดใช้เวลานาน 6 เดือน ในขณะที่บางชนิดอาจใช้เวลาเป็นปี หรือมากกว่านั้น

8) การบรรจุขวด (filling) เมื่อไวน์ใส และมีการพัฒนาของสี กลิ่น และรสชาติที่ดีแล้ว ก่อนการบรรจุขวดควรเติมโปแตสเซียมซอร์เบท เพื่อช่วยยืดอายุการเก็บไวน์ให้นานขึ้น การเลือกชนิดของขวด สีของขวดไวน์เป็นสิ่งสำคัญที่ควรคำนึง ไวน์ที่อยู่ในขวดสีเข้มมีแนวโน้มที่จะเกิดการออกซิไดซ์น้อยกว่าไวน์ที่บรรจุในขวดสีจาง ไวน์แดงควรบรรจุในขวดสีน้ำตาลเข้มหรือเขียวเข้ม เพื่อป้องกันการเปลี่ยนสี ส่วนไวน์ขาวอาจบรรจุในขวดใสได้ ควรใช้ขวดที่กลม และมีขนาดสม่ำเสมอ เพื่อให้ง่ายในการเก็บ การบรรจุขวดยังแบ่งได้อีก ดังนี้

8.1) การล้าง และการฆ่าเชื้อโรค ขวดทุกใบควรทำความสะอาดอย่างดี ด้วยความร้อน และน้ำยาล้าง และใช้แปรงขัดให้ทั่ว ล้างด้วยน้ำสะอาดอีกครั้ง แล้วคว่ำไว้ การฆ่าเชื้อในขวดทำโดยแช่สารละลายซัลเฟอร์ไดออกไซด์ร้อยละ 2 น้ำหนักต่อปริมาตร ทิ้งไว้นาน 15 นาที และรินออก จากนั้นใช้น้ำร้อนเขย่าอีกครั้ง และคว่ำให้สะเด็ดน้ำปิดฝาเก็บไว้จนกว่าจะใช้ หรืออาจฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำก็ได้โดยการนึ่งประมาณ 10 นาที



ภาพ 2.1 แผนภูมิการผลิตไวน์ผลไม้

ที่มา : ไพบูลย์ และพัฒนา, 2548

8.2) จุกคอร์ก ควรเป็นชนิดที่แข็ง และมีลักษณะของความพรุนที่ละเอียด และยืดหยุ่นได้ ก่อนใช้ควรแช่ในสารลายซัลเฟอร์ไดออกไซด์ร้อยละ 1 น้ำหนักต่อปริมาตร เติมกลีเซอรีนเล็กน้อย เพื่อช่วยให้ปิดคอร์กได้ง่าย และป้องกันไม่ให้คอร์กเกิดการแข็งตัว ไม่ควรต้มจุกคอร์ก เพราะจะทำให้แข็ง เปราะ ไม่มียืดหยุ่น

8.3) การบรรจุไวน์ลงขวด ควรบรรจุโดยใช้ระบบท่อ หรือสายยางให้มีช่องว่างที่คอขวดเหลือประมาณ 1- 1.5 นิ้ว และควรปิดจุกทันที เพื่อป้องกันการสัมผัสกับอากาศ ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดออกซิเดชั่น

8.4) การปิดจุกคอร์ก และฝาครอบ ควรปิดจุกคอร์กให้พอดีกับปากขวด หรือโผล่พ้นปากขวดเล็กน้อย หลังจากปิดจุกคอร์กแล้ว ตั้งขวดทิ้งไว้ 2 - 3 วัน เพื่อให้จุกแห้ง หลังจากนั้นนอนขวดทิ้งไว้ 3 - 4 วัน เพื่อทดสอบว่าคอร์กรั่วหรือไม่ หรือคอร์กเปียกหรือไม่ ขวดที่คอร์กแห้งดีแล้ว จึงทำการหุ้มพลาสติกหรือฟอยล์ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดเชื้อราขึ้น ถ้าใช้ฟอยล์หุ้ม ควรเจาะรูบนฟอยล์ตรงส่วนที่อยู่บนจุกคอร์กเพื่อให้อากาศผ่านเข้าออกได้

9) การปิดฉลากไวน์ (labelling) ก่อนเก็บไวน์ ควรปิดฉลากก่อน เพื่อให้ทราบว่าไวน์ชุดนี้มีอายุเท่าไร ทำจากอะไร หรือข้อมูลอื่น ๆ ฉลากควรปิดตรงกลางขวด และปิดด้วยกาวที่ไม่ละลายน้ำ หรือลอกออกด้วยน้ำ ควรจดข้อมูลรายละเอียดเกี่ยวกับไวน์ที่เก็บไว้ ในสมุดบันทึกด้วย

10) การเก็บไวน์ผลไม้ (storage) ไวน์ผลไม้ที่ทำการบรรจุขวดแล้ว ควรเก็บในสถานที่มีอุณหภูมิไม่เกิน 25 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการเปลี่ยนแปลง สี กลิ่น และรสชาติ ถ้าเป็นไวน์ที่บรรจุและปิดด้วยจุกคอร์ก ควรเก็บโดยการวางขวดในแนวนอน เพื่อให้จุกคอร์กเปียกตลอดเวลา ป้องกันไม่ให้มีอากาศเข้าไปในน้ำไวน์มากจนเกินไป

2.1.3 การวิเคราะห์คุณภาพในการผลิตไวน์ผลไม้

1) น้ำผลไม้ เมื่อคั้นได้น้ำผลไม้แล้ว จำเป็นต้องวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำผลไม้ก่อนการหมัก โดยจะวัดในหน่วยองศาบริกซ์ ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นน้ำตาล และกรด ใช้เครื่องวัดการหักเหของแสง (hand refractometer) โดยมีน้ำกลั่นเป็นตัวเปรียบเทียบ นอกจากนี้วัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar) กรดทั้งหมด (total acidity)โดยการไตเตรท (titration) และค่าความเป็นกรด- ด่าง (pH) โดยพีเอชมิเตอร์ (pH meter) เพื่อทราบองค์ประกอบของน้ำผลไม้เริ่มต้นก่อนนำไปหมัก

2) การติดตามการเปลี่ยนแปลงระหว่างกระบวนการหมัก ขั้นตอนนี้เป็นส่วนสำคัญในการติดตามกระบวนการหมัก ขั้นตอนนี้มีการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำหมัก ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณกรดทั้งหมด ความเป็นกรด-ด่าง (pH) และปริมาณแอลกอฮอล์โดยใช้

แอลกอฮอล์ไฮโดรมิเตอร์ (alcohol hydrometer) หรืออีบูลิโอมิเตอร์ (Ebulliometer) หรือก๊าซโครมาโทกราฟี (gas chromatography) มีการตรวจสอบจุลินทรีย์ และวัดอุณหภูมิภายในถังหมัก

3) การตรวจวิเคราะห์หลังการหมัก สิ่งจำเป็นต้องวิเคราะห์ คือการตรวจสอบจุลินทรีย์ เพื่อทราบจุลินทรีย์หลงเหลืออยู่เท่าใด นอกจากนี้ต้องตรวจสอบวัดปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เหลืออยู่ในไวน์ผลไม้โดยวิธีการไตเตรท เพื่อทราบปริมาณที่มีอยู่ในการป้องกันการเกิดออกซิเดชัน

4) การตรวจสอบความคงตัว ขั้นตอนนี้ตรวจสอบจุลินทรีย์ วัดซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ในไวน์ผลไม้

5) การวิเคราะห์องค์ประกอบในไวน์ผลไม้ ขั้นตอนนี้วิเคราะห์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 2089 - 2544) ได้แก่

5.1) ความแรงแอลกอฮอล์

5.2) คุณสมบัติทางเคมีคือ ฟูเซลออยล์ (fusel oils) วัดในรูปไอโซเอมิล (isoamyl alcohol) และไอโซบิวทิลแอลกอฮอล์ (isobutyl alcohol) เอทิลคาร์บาเมต (ethyl cabarmate) เมทธานอล (methanol) เอสเทอร์ (esters) และแอลดีไฮด์ (aldehyde) วัดในรูปเอซีทัลดีไฮด์ (acetaldehyde)

5.3) วัตถุเจือปนคือ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (sulferdioxide) กรดซอร์บิก (sorbic acid) กรดเบนโซอิก (benzoicacid)

5.4) สารปนเปื้อนได้แก่ ทองแดง เหล็ก ตะกั่ว สารหนู และเฟอร์โรไซยาไนด์ (ferrocyanide) (พัฒนา, 2548)

2.1.4 การประเมินคุณภาพไวน์ผลไม้

การประเมินคุณภาพไวน์รวมทั้งไวน์ผลไม้ เป็นการประเมินโดยใช้ความรู้สึกทางด้านประสาทสัมผัสทั้งทางสายตา การดมกลิ่น และการชิมรสชาติ (นิธิยา, 2546) การประเมินด้านประสาทสัมผัสของไวน์ผลไม้มีความสำคัญ เพื่อใช้ในการควบคุมคุณภาพระหว่างการผลิต และควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์สุดท้ายก่อนนำออกจำหน่าย (ไพบูลย์, 2548) แนวทางในการทดสอบชิมไวน์พื้นฐานสามารถแบ่งเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

1) การสังเกตด้วยตา (appearance) คุณลักษณะที่สำคัญ คือ สี และความขุ่นใสของไวน์ โดยรินไวน์ลงในแก้วประมาณ 1 ใน 3 ของแก้ว ดูด้านบนและด้านข้างนอกแก้ว

2) การดมกลิ่น (aroma) โดยเริ่มต้นด้วยการแกว่งแก้วไวน์เบา ๆ หลาย ๆ รอบ จากนั้นเอียงแก้วประมาณ 45 องศา แล้วใช้จมูกสูดดมกลิ่นไวน์เข้าลึก ๆ ในระยะใกล้ แล้วเลื่อนแก้วไวน์ออกจากจมูก ทำเช่นนี้ 2-3 ครั้ง วิเคราะห์ว่าเป็นกลิ่นอะไร

3) การชิมรสชาติ (flavor) โดยการจิบไวน์เข้าในปาก ในปริมาณไม่มากนัก กลั้วให้ทั่วปาก สูดกลิ่นออกทางจมูกให้เวลาไวน์อยู่ในปากชั่วขณะรสชาติเป็นอย่างไรแล้วจึงค่อยกลืนลงคอ วิเคราะห์ความเข้มข้นของเนื้อไวน์ (body) สิ่งที่ค้างในปากหลังการกลืน (after taste) ยาวนานเพียงใด รสชาติของไวน์อาจมีรสเปรี้ยว รสหวาน รสขม ความฝาด และความกลมกล่อม ในการชิมไวน์หลายตัวอย่างควรล้างปากด้วยน้ำธรรมดา ไม่ควรใช้น้ำเย็นซึ่งจะทำให้ต่อมรับรสชาติประสิทธิภาพลดลง ควรมีขนมปังแคร็กเกอร์ ที่ไม่เค็ม หรือขนมปังธรรมดาเป็นการล้างปาก

4) การสรุปภาพรวม (overall impression) เป็นการพิจารณาโดยรวมของคุณภาพไวน์ทั้งหมด คือ สี ความใส กลิ่น และรสชาติ (นิรมล และสมชาย, 2546 ; กนกอร, 2546)

2.2 หม่อนและการใช้ประโยชน์

หม่อน (mulberry) เป็นพืชที่อยู่ในวงศ์ Moraceae ตระกูล *Morus spp.* มีถิ่นกำเนิดอยู่ในแถบเขตหนาว (temperate zone) จัดเป็นไม้ผลในกลุ่ม deciduous fruit plant หรือประเภท hard wood คือ ใบจะร่วงในฤดูใบไม้ร่วง และมีการพักตัวในฤดูหนาว ตาดอกเป็นชนิดตารวม (mix bud) คือ มีทั้งตาใบ และตาดอกอยู่รวมกันมีผลแบบผลรวม ซึ่งเป็นผลที่เกิดจากตาข้าง (catkin) ของปีนั้น หมายความว่า จะมีช่อดอกเกิดที่ตาเหนือใบของตาข้างของกิ่งที่เกิดขึ้นใหม่ ส่วนลักษณะของดอก เป็นทั้งแบบดอกที่มีเกสรตัวผู้ และดอกตัวเมียแยกกันคนละต้น (dioecious) หรือบางพันธุ์อาจเป็นดอกที่มีเกสรตัวผู้ และตัวเมียอยู่ในต้นเดียวกัน (monoecious) โดยมีหลาย ๆ ดอกอยู่ในช่อเดียวกัน สายพันธุ์พันธุ์หม่อนที่ใช้ปลูกเพื่อเก็บผลผลิตหม่อน หรือเก็บผลผลิตใบหม่อนได้แก่

1) สายพันธุ์เชียงใหม่ พบว่าปลูกในภาคเหนือนานหลายสิบปีมาแล้ว ต้นหม่อนที่มีอายุปีที่ 3 ให้ผลผลิตผลหม่อน ประมาณ 600 - 700 กิโลกรัม/ไร่ ต่อปี และเมื่อต้นหม่อนมีอายุมากขึ้นจะให้ผลผลิตใบหม่อนไม่ต่ำกว่า 1,000 กิโลกรัม/ไร่ ต่อปี

2) สายพันธุ์บุรีรัมย์ 60 เป็นสายพันธุ์หม่อนที่ปรับปรุงพันธุ์ โดยใช้ผลหม่อนพื้นเมืองของไทยผสมกับหม่อนพันธุ์นำเข้ามาจากต่างประเทศ คือพันธุ์จีนเบอร์ 44 แต่ละปีให้ผลผลิตใบหม่อนประมาณ 3,500 กิโลกรัม/ไร่ และคาดว่าจะให้ผลผลิตผลหม่อนประมาณไม่ต่ำ 500 กิโลกรัม/ไร่

3) สายพันธุ์ศรีสะเกษ 33 เป็นหม่อนลูกผสมเปิดของหม่อน พันธุ์ Jing mulberry ซึ่งนำมาจากประเทศจีน มีคุณลักษณะต้านทานโรคใบด่าง ได้ดีกว่าสายพันธุ์อื่น ๆ ลักษณะผลค่อนข้างใหญ่ และสามานำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้ แต่ละปีให้ผลผลิตสำหรับใบหม่อนประมาณ 1,500 กิโลกรัม/ไร่

4) หม่อนป่า เป็นสายพันธุ์ที่ไม่มีการศึกษาในด้านจำแนกพันธุ์ ซึ่งมีกระจายอยู่ทั่วไปในภาคนะวันออกเฉียงเหนือ และภาคเหนือ มีอัตราการเจริญเติบโตได้ในที่มีความชื้นสูง เช่น บริเวณริมลำห้วย และแม่น้ำ เป็นไม้ยืนต้น พบได้ทั้งเพศผู้และเพศเมีย มีความสูงประมาณ 50 เมตร และมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้น 1 เมตร มีอายุนานถึง 100 ปี ผลจะสุกในเดือนมีนาคม ถึงเดือนเมษายน ผลอ่อนมีสีเขียว และเมื่อสุกเต็มที่สีผลจะเป็นสีขาวครีม กลิ่นหอม และมีรสหวาน

5) สายพันธุ์ Red mulberry (*M. rubra*) เป็นพันธุ์ที่ปลูกเพื่อใช้รับประทานผลสดและการแปรรูป ซึ่งจะอยู่ในทวีปอเมริกา และประเทศแถบยุโรป ลักษณะลำต้นเป็นไม้เนื้ออ่อนเปลือกไม้เป็นสีเข้ม มีความสูงของทรงพุ่ม 5 - 21 เมตร และเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้น 6 เซนติเมตร มีอายุประมาณ 125 ปี เริ่มติดดอกเดือนเมษายน-พฤษภาคม และผลจะเริ่มสุกเป็นสีม่วงดำ ในเดือนกรกฎาคม - สิงหาคม สามารถแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลายชนิด เช่นไวน์ แยม เยลลี่ และน้ำหม่อน (วสันต์, 2546)

จากการศึกษาของ ปัทมาภรณ์ (2546) พบว่า ระยะความสุกของผลหม่อนเป็นดัชนีในการเก็บเกี่ยว โดยผลหม่อนที่สุกจนถึงสุกจัด เหมาะสมที่จะเก็บเกี่ยวผลมาผลิตเป็นไวน์ ซึ่งผลหม่อนมีสรรพคุณเป็นยารักษาโรคได้หลายชนิด จึงมีการศึกษาสารประกอบเควอซิติน ที่มีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่พบในผลหม่อนสุก ผลสุกห่าม และจากรายงาน พบว่า ไวน์หม่อนที่ผลิตจากแหล่งต่าง ๆ ในประเทศไทยมีปริมาณสารเควอซิตินอยู่ในปริมาณสูง และสามารถใช้ผลหม่อนเป็นสมุนไพรในการรักษาโรคต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี ผลหม่อนมีส่วนประกอบทางเคมีที่สำคัญ (ตาราง 2.1) และมีคุณค่าทางอาหารสูง สามารถใช้เป็นประโยชน์ทั้งทางด้านการบริโภคและการแปรรูปและพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ได้อย่างหลากหลายและได้มีการนำหม่อนมาสกัดหาสารแอนโทไซยานิน ในระดับอุตสาหกรรมเพื่อใช้เป็นสีผสมอาหารที่ได้จากธรรมชาติ จากการศึกษาพบว่ามีปริมาณแอนโทไซยานิน เท่ากับ 384.07 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งสามารถนำไปสกัดเพื่อให้มีความบริสุทธิ์ และสามารถใช้เป็นส่วนผสมในน้ำผลไม้เข้มข้น ไวน์ และซอส เป็นต้น (Xueming *et al.*, 2004) ผลหม่อนและใบ สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ดังนี้

1) ผลหม่อนแห้ง ใช้เป็นสมุนไพรสำหรับรักษาไขข้ออักเสบ บำรุงหัวใจ และแก้โรคโลหิตจาง ส่วนผลสุกแก้อาการท้องผูก (วสันต์, 2546)

2) ใบหม่อนพบสารประกอบกลุ่มฟลาโวนอยด์ มีฤทธิ์ยับยั้งการเพิ่มจำนวนเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาว และชักนำให้เซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาวเปลี่ยนกลับมาเป็นเซลล์เม็ดเลือดขาวปกติ

3) สารสกัดฟลาโวนอยด์ และแทนนินจากใบหม่อน มีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์โปรติเอสของเชื้อเอดส์ โดยสามารถป้องกันการแพร่กระจายได้

4) สารสกัดคาทิชินจากชาเขียวใบหม่อน มีผลลดความอ้วนโดยออกฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไลเปส และสร้างความร้อนให้ร่างกาย

5) คุณสมบัติของเลคติน ที่สกัดได้จากใบหม่อน มีฤทธิ์ต้านการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย *Pseudomonas syringae* var. *mori* ซึ่งทำให้เกิดโรคใบไหม้กับต้นหม่อน สารชนิดนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2548)

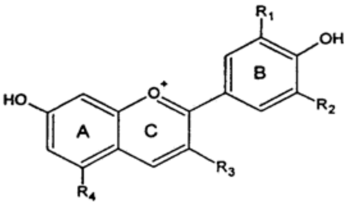
2.3 แอนโทไซยานิน

แอนโทไซยานิน (anthocyanin) จัดอยู่ในกลุ่มของพวกสารประกอบฟลาโวนอยด์ (flavonoid compound) พบในดอกไม้ และผลของพืชชนิดต่าง ๆ ละลายอยู่ใน vacuolar sap ของพืช สามารถละลายน้ำได้แต่ไม่ละลายใน non - hydroxy sovent จะมีสีแดงที่ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ต่ำ และมีสีม่วง หรือน้ำเงินที่พีเอชเป็นกลาง หรือเป็นด่าง (ศิวาพร, 2529) มีสูตรโครงสร้างทางเคมีเป็นฟลาวิลเลี่ยมแคทไอออน (flavylium cation) หรือเกลือของ 2-phenylbenzoprylium ประกอบด้วยคาร์บอน 15 อะตอม จัดเรียงตัวในระบบ 3 วงเรียกว่า A B และ C โดยวง A และ B เป็นวงของเบนซีนเรียกว่า วงเฟนนิล (phenyl ring) ส่วนวง C เป็นแลคโตน(lactone ring) และ แอนโทไซยานินเป็นไกลโคไซด์ (glycoside) ของแอนโทไซยานิดิน (anthocyanidin) (Mazza *et al*., 2004) จากการวิเคราะห์โดยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบกระดาษ พบว่า ในผลหม่อนมี แอนโทไซยานินชนิด cyanidin 3 - glucoside (ศิริพร, 2540) ซึ่งอยู่ในรูปไกลโคไซด์ (glycoside) เกิดจากส่วนที่เป็นอะไกลโคน(aglycone) คือ ไซยานิดิน (cyanidin) มีหมู่ไฮดรอกซี (hydroxy, -OH) เกาะอยู่ที่วงเฟนนิล A ตรงตำแหน่งที่ 5 และ 7 ส่วนวง B หมู่ (-OH) เกาะตำแหน่งที่ 3 และ 4 โดยมีน้ำตาลกลูโคส (glucose) เชื่อมต่ออยู่ที่ C - 3 ซึ่งจะมีสีแดงม่วง (ภาพ 2.2) และโดยทั่วไปแอนโทไซยานินมีสีแตกต่างกัน เกิดจากโครงสร้างของจำนวนหมู่ไฮดรอกซีที่วง B

ตาราง 2.1 ส่วนประกอบทางเคมีของผลหม่อน (ต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัม)

ส่วนประกอบทางเคมี	ผลห่าม (สีแดง)	ผลสุก (สีม่วงดำ)
โปรตีน (protein)	2.24	1.68
คาร์โบไฮเดรต (carbohydrate)	4.19	21.35
ไขมัน (fat)	1.35	0.47
แคลเซี่ยม (calcium)	-	0.21
ฟอสฟอรัส (phosphorus)	-	0.07
เหล็ก (iron)	-	43.48
วิตามิน เอ (vitamin A)	-	25.00
วิตามิน บี 1 (vitamin B 1)	-	50.65
วิตามิน บี 2 (vitamin B 2)		3.66
วิตามิน บี 6 (vitamin B 3)	-	930.10
วิตามิน ซี (vitamin C)	-	4.16
กรดโฟลิก (folic acid)	-	6.87
ไนอะซีน (niacin)	-	0.72
แทนนิน (tanin)	-	1.06
กรดมะนาว (citric acid)	4.17	1.51
เส้นใย (fiber)	-	2.03
เถ้า (ash)	-	1.52
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	4.05	5.90
ความชื้น (moisture)	-	72.95

ที่มา : วสันต์, 2546



Anthocyanidin	R_1	R_2	R_3 OH, glycosyl; R_4 OH, glycosyl
pelargonidin	H	H	
cyanidin	OH	H	
peonidin	OCH_3	H	
delphinnidin	OH	OH	
malvidin	OCH_3	OCH_3	
petunidin	OCH_3	OH	

ภาพ 2.1 สูตรโครงสร้างของแอนโทไซยานิน
ที่มา : Mazza *et al.*, 2004

สีของแอนโทไซยานิน และความคงตัวของสีจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) อุณหภูมิ และ โลหะแคททไอออนบางชนิด (Zoecklein *et al.*, 1995) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เป็นสาเหตุทำให้สีของผลไม้ ที่มีแอนโทไซยานินเป็นรงควัตถุซีดจางลงได้ เนื่องจากไบซัลไฟด์อิออน จะเข้าไปจับกับแอนโทไซยานิน ซึ่งจะเกิดเป็นอนุพันธ์ตัวใหม่ (R-SO_3H) โดยไม่มีสี และอาจเกิดการรวมตัวกันระหว่างโมเลกุลของแอนโทไซยานิน หรือเกิดพันธะกับโมเลกุลของสารอินทรีย์ตัวอื่น เช่น โปรตีน แทนนิน ฟลาโวนอยด์ และโพลีแซคคาไรด์บางชนิด เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน ซึ่งช่วยให้สีของแอนโทไซยานินมีความเข้ม และคงตัวมากขึ้น (นุกุล, 2545) การใช้ประโยชน์ของแอนโทไซยานิน เช่น อุตสาหกรรมผลไม้กระป๋อง นมเปรี้ยว และไวน์แดง ซึ่งสีของแอนโทไซยานินจะคงสภาพได้ดีที่ความชื้นไม่เกินร้อยละ 3 และการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์ที่มีความเป็นกรดจะให้สีคงทน ตลอดจนใช้เป็นสีผสมอาหารได้ (สันติ, 2534) และแอนโทไซยานิน มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant)

2.4 สารต้านอนุมูลอิสระและการใช้ประโยชน์ในผักและผลไม้

สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) เป็นสารที่ทำหน้าที่ป้องกันการเกิดกระบวนการออกซิเดชัน ซึ่งเป็นกระบวนการสำคัญที่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระ และสารต้านอนุมูลอิสระหยุดยั้งปฏิกิริยาลูกโซ่ของอนุมูลอิสระทำให้คงตัว และหยุดการก่อตัวใหม่ นอกจากนั้นยังซ่อมแซมความเสียหายที่เกิดจากตัวอนุมูลอิสระทำลายเซลล์ต่าง ๆ ในร่างกาย กำจัดและแทนที่โมเลกุลที่ถูกทำลาย

เพราะสารเหล่านี้อาจเป็นพิษต่อร่างกาย มักพบสารต้านอนุมูลอิสระในอาหารจำพวกผักและผลไม้ ได้แก่ วิตามินอี (vitamin E) ได้จากเมล็ดทานตะวัน วิตามินซี (vitamin C) ได้จากผักใบเขียวทั่วไป แคโรทีนอยด์ (carotenoids) พบในมะเขือเทศ สารประกอบฟีนอลิค (phenolic) พบในองุ่นและผักพื้นบ้าน ได้แก่ กระถิน ผักซีล้อม เป็นต้น (นวลศรี และอัญชนา, 2545) การใช้ประโยชน์ของสารต้านอนุมูลอิสระที่มีอยู่ตามธรรมชาติที่ได้จากผักและผลไม้ส่วนใหญ่มักจะนำไปเป็นส่วนประกอบร่วมกับส่วนผสมอาหารได้หลากหลายในผลิตภัณฑ์อาหาร และเป็นสารป้องกันการหืนในน้ำมัน และไขมัน ตัวอย่างสารต้านอนุมูลอิสระได้แก่ โทโคฟีรอล กรดทาร์ทาร์ริก เลซิติน เคอร์คูมิน และวิตามินซี เป็นต้น (Madhavi *et al.*, 1995) การทดสอบฤทธิ์ต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันมีการทดลอบได้หลายวิธีตัวอย่างเช่น

- ด้วยวิธี Thiobarbituric reactive substances (TBARS) วิธีนี้เป็นการติดตามปริมาณสารประกอบอัลดีไฮด์ที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของ low density lipoprotein (LDL) กับโลหะไอออน เช่น Fe^{2+} Cu^{2+} โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร (Prakash, 2001)

- การทดสอบฤทธิ์ต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยวิธี 2,2-azinobis [ethylbenzothiazoline-6-sulphonate] (ABTS) เป็นการทดสอบฤทธิ์ต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของ ABTS ในรูปของ $ABTS^{\cdot+}$ ซึ่งใช้ทดสอบกับสารสกัดจากอาหาร วัดการดูดกลืนแสงของสารละสายที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร (Whiteman and Guan, 2003)

- การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด (ในรูปกรดแกลลิค) เป็นการทดสอบสารฟีนอลทั้งหมด โดยใช้ Folin-ciocalteu reagent ทำปฏิกิริยากับตัวอย่างสารละลาย และทำการเปรียบด้วยสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิคโดยวัดค่าการดูดกลืน แสงที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร (Zoecklein *et al.*, 1995)

- การทดสอบฤทธิ์ต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH radical scavenging เป็นการทดสอบฤทธิ์ต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยให้สารตัวอย่างทำปฏิกิริยากับ DPPH (1.1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) ติดตามผลการทดลองโดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่ความยาวคลื่น 517-520 นาโนเมตร (สันติ และวรวรรณ, 2544)