บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

2.1 ไวน์ (wine)

ไวน์ เป็นเครื่องดื่มหมักจากผลองุ่นที่มีสารประกอบให้ลักษณะปรากฏ กลิ่นรส และความรู้สึกจากการดื่ม (mounth-feel) ที่มีความซับซ้อน (Swiegers *et al.,* 2005) ซึ่งในไวน์จะประกอบไปด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ น้ำตาล คาร์โบไฮเดรต โพลีฟีนอล (polyphenol) อัลดีไฮด์ (aldehyde) เอนไซม์ (enzyme) สารให้สี (pigment) วิตามินและแร่ธาตุต่างๆ ไม่น้อยกว่า 15-20 ชนิด นอกจากนี้ยังมีกรดอินทรีย์มากกว่า 22 ชนิด รวมทั้งสารอื่นที่ไม่ได้จำแนกไว้อีกด้วย (กมลวรรณ, 2550) กระบวนการทำไวน์โดยทั่วไปแสดงดังภาพที่ 2.1 กรรมวิธีการผลิตไวน์เริ่มตั้งแต่คัดเลือกวัตถุดิบแล้วนำมาทำการเติมสารพวกซัลไฟท์ (sulfite) เช่น โพแทสเซียมเมตา-ไบซัลไฟท์ (potassium metabisulfite) เพื่อฆ่าการเจริญของจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการ เช่น แบคทีเรียที่สร้างกรดอะซิติก และยีสต์ธรรมชาติ (wild yeast) ทำการหมัก และบ่ม จนทำให้ได้ไวน์ที่ใส เกิดรสชาติ และกลิ่น

ไวน์สามารถจำแนกตามลักษณะของไวน์ได้หลายประเภท เช่น การแบ่งตามลักษณะของสีของไวน์ โดยสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ได้แก่ ไวน์แดง (red wine) และไวน์ขาว (white wine) สำหรับไวน์แดงจะนำองุ่นแดงทั้งเนื้อ เปลือก เมล็ด มาทำการบดให้แตก (จารึก, 2540) เพื่อสกัดสีกับสารแทนนินในเปลือกของผลองุ่นให้ออกมาให้มากที่สุด เนื่องจากสารประกอบแทนนินยิ่งมีมากจะทำให้รสและกลิ่นของไวน์มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น แต่หากมีปริมาณมากเกินไปจะทำให้ไวน์ไม่มีความสมดุล (โชติรส, 2546) สำหรับการทำไวน์ขาวจะแตกต่างจากไวน์แดงที่จะนำองุ่นมาทำการบีบหรือกดให้เปลือกของผลองุ่นปริแตกเท่านั้น แล้วนำส่วนของน้ำองุ่นมาใช้ในการหมัก (ประดิษฐ์, 2545) นอกจากแบ่งตามลักษณะสีของไวน์แล้วยังสามารถจำแนกตามความหวานของไวน์ซึ่งจะสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ dry wine semi dry wine และ sweet wine เป็นต้น แต่ที่นิยมใช้มากและสามารถเข้าใจง่ายแบ่งออกเป็น 4 ประเภทด้วยกันคือ

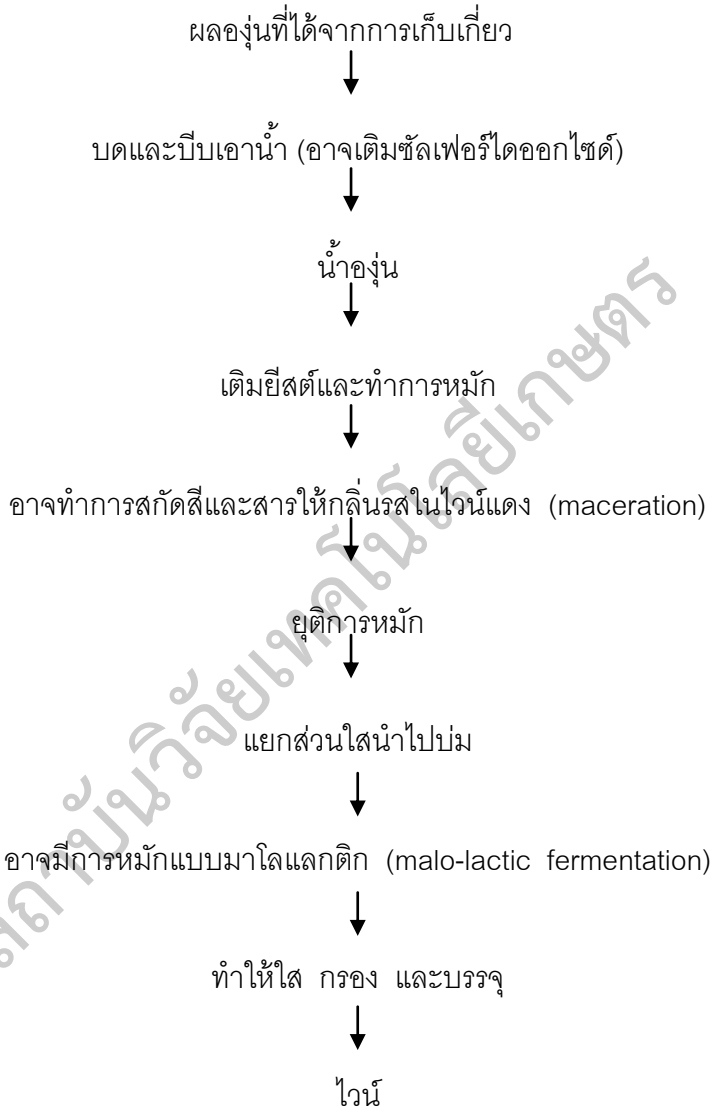
1. ไวน์นิ่ง (still wine) เป็นการหมักไวน์ด้วยปล่อยให้น้ำองุ่นกลายเป็นแอลกอฮอล์โดยอาศัยยีสต์ที่มีอยู่ในธรรมชาติในการหมัก

2. ไวน์ฟอง (sparkling wine) เช่น carbonated wine และ champagne เป็นต้น

3. ไวน์เติมแอลกอฮอล์กลั่น (fortified wine) โดยจะมีการเติมบรั่นดี หรือเหล้ากลั่นลงไปในระหว่างการหมักเพื่อหยุดการเจริญของเชื้อยีสต์ และเพื่อเป็นการเพิ่มปริมาณของแอลกอฮอล์

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. ไวน์ที่มีการเติมกลิ่นและสารสกัดจากสมุนไพร (aromatized wine) จะมีกรรมวิธีการผลิตเหมือน (fortified wine) แต่จะมีการเติมเครื่องเทศ สมุนไพร ดอกไม้ เพื่อให้ได้กลิ่นที่ต่างออกไป (วชิระ, 2539)



ภาพที่ 2.1 ขั้นตอนการผลิตไวน์โดยทั่วไป

ที่มา: นิอร (2555)

สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร

ธีรวัลย์ และคณะ (2547) ได้รวบรวมข้อมูลผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของไวน์ และจากรายงานการวิจัยและรวบรวมผลการศึกษาด้านองค์ประกอบของไวน์สามารถสรุปข้อมูลองค์ประกอบที่พบในไวน์ได้ ดังนี้

1. เอทิลแอลกอฮอล์หรือเอทธานอล (ethyl alcohol หรือ ethanol) ที่ช่วยในการถนอมรักษาไวน์ และให้คุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสที่ดีกับไวน์ แอลกอฮอล์ในไวน์ส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการหมัก ปริมาณของเอทิลแอลกอฮอล์ กรด และแทนนินมีผลต่อความหวาน โดยไวน์ที่มีเอทิลแอลกอฮอล์ และแทนนินในระดับที่เหมาะสมจะช่วยให้ไวน์มีความหวานเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ปกติในช่วงระหว่างการเก็บรักษาไวน์จะมีปริมาณของแอลกอฮอล์อยู่ในช่วง 90-110 กรัมต่อลิตร สำหรับไวน์ในแถบยุโรปจะมีปริมาณของแอลกอฮอล์อยู่ในช่วง 110-130 กรัมต่อลิตร (Belitz *et al.,* 2009)

2. เมทิลแอลกอฮอล์หรือเมทานอล (methyl alcohol หรือ methanol) เป็นสารพิษที่กำหนดให้ต้องควบคุมในไวน์ เมทานอลเกิดจากเพคตินเอสเทอเรส (pectinesterase) ที่มีอยู่ที่ผิวของผลไม้ หรือการเติมเพคติคเอนไซม์ในขั้นตอนการทำไวน์ เพื่อทำให้ผลไม้อ่อนตัวหรือทำให้ไวน์ใส เมื่อเกิดการย่อยสลายสารประกอบเพคตินขึ้นในน้ำหมัก จึงทำให้เกิดเมทิลแอลกอฮอล์เล็กน้อย ทั้งนี้ Belitz *et al*. (2009) รายงานว่า โดยทั่วไปในไวน์จะมีเมทานอลอยู่ในช่วง 38-100 มิลลิกรัมต่อลิตร

3. แอลกอฮอล์ที่มีมวลโมเลกุลสูง (higher alcohol หรือ fusel alcohol หรือ fusel oil) เป็นแอลกอฮอล์ที่มีอะตอมของคาร์บอนมากกว่า 2 อะตอมขึ้นไป แอลกอฮอล์ที่มีมวลโมเลกุลสูงที่พบในไวน์มีอยู่หลายชนิด ได้แก่ 1-propanol, 1-butanol, 2 –butanol, 2-methyl-1-propanol, 2-methyl-1-butanol, 3-methyl-1-butanol, 3-pentanol และ 1-hexnol สาเหตุหลักเกิดจากยีสต์หมักน้ำตาลได้แอลกอฮอล์ที่มีมวลโมเลกุลสูงเป็นผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้ ในไวน์ที่มีความเข้มข้นของมวลโมเลกุลสูงอยู่ต่ำ จะทำให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสดีขึ้น สำหรับในไวน์สารประกอบเหล่านี้จะแสดงออกมาในรูปของฟูเซลออยล์ (fusel oils)

4. กลีเซอรอล เป็นผลผลิตจากการหมักแอลกอฮอล์จากผลไม้บางชนิดเนื่องมาจากปฏิกิริยาของ dihydroxyacetone phosphate ซึ่งมักเกิดขึ้นได้ดีที่อุณหภูมิต่ำ มีกรดทาร์ทาริกสูง มีอากาศ และมีการเติมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ สำหรับการเพิ่มปริมาณของน้ำตาลจะมีผลทำให้ปริมาณของกลีเซอรอลลดลง สำหรับวิตามินและสารอาหารต่างๆ ไม่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณของกลีเซอรอล กลีเซอรอลจะมีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไวน์ เนื่องจากกลีเซอรอลจะ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

มีรสหวานและให้ความรู้สึกคล้ายน้ำมัน ทำให้ไวน์มี body เพิ่มขึ้น table wine พบกลีเซอรอลอยู่ในช่วง 6-10 กรัมต่อลิตร (Belitz *et al.*, 2009)

5. เอสเทอร์ (ester) เป็นสารให้กลิ่นสำคัญของไวน์ เกิดจากเอนไซม์ภายในเซลล์ของยีสต์หรือแบคทีเรีย หากมีในไวน์ปริมาณต่ำกว่า 200 มิลลิกรัมต่อลิตร จะให้กลิ่นที่น่าพอใจ แต่หากมีมากเกินจะเกิดกลิ่นที่ไม่ดีในไวน์ เอสเทอร์ที่พบในไวน์มีหลายชนิด ซึ่งจะมีปริมาณที่แตกต่างกันตามชนิดของไวน์ ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ปริมาณของเอสเทอร์ที่พบในไวน์และความสัมพันธ์ทางประสาทสัมผัส

Compounds	White wine (mg/l)	Red wine (mg/l)	Odor threshold in wine (mg/l)
Ethyl acetate	0.15-150	9-257	12.3
Ethyl propanoate	0-0.9	0-20	1.8
Ethyl pentanoate	1.3	5-10	0.01
Ethyl hexanoate	0.03-1.3	0-3.4	0.08
Ethyl octanoate	0.05-2.3	0.2-3.8	0.58
Ethyl decanoate	0-2.1	0-0.3	0.51
Hexyl acetate	0-3.6	0-4.8	0.67-2.4
2-phenylethyl acetate	0-18.5	0.02-8	1.8
3-methylbutyl acetate	0.03-0.5	0-23	0.16
Ethyl lactate	0.17-378	12-382	150

ที่มา: ดัดแปลงจาก Belitz *et al.* (2009)

6. น้ำตาล โดยเฉพาะกลูโคส และฟรุกโทสมีความสำคัญต่อการผลิตไวน์ เนื่องจากเป็นแหล่งคาร์บอนของเชื้อยีสต์ในการเปลี่ยนแปลงเป็นแอลกอฮอล์ Kelebek *et al.* (2009) พบว่าในไวน์จะมีปริมาณของน้ำตาลซูโครส 44.68 กรัมต่อลิตร กลูโคส 1.06 กรัมต่อลิตร ฟรุกโทส 3.04 กรัมต่อลิตร

7. กรด สำหรับในไวน์มีกรดอยู่หลายชนิด ได้แก่ กรดทาร์ทาริก กรดมาลิก กรดซิตริก ซึ่งเป็นกลุ่มกรดหลักที่พบ ส่วนกรดซัคซินิก กรดแลคติก และกรดไพรูวิก จะเกิดในระหว่างการหมักไวน์ส่งผลให้ค่าพีเอชของไวน์อยู่ในช่วง 2.8-3.8 แสงไทย (2545) กล่าวว่า กรดต่างๆ เหล่านี้

สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร

จะส่งผลให้ไวน์มีคุณภาพที่แตกต่างกันไป เช่น หากมีปริมาณของกรดทาร์ทาริกสูงการหมักจะต้องใช้เวลานานกว่าปกติ ทั้งนี้ Belitz *et al.* (2009) รายงานว่า ปริมาณกรดรวมทั้งหมดที่พบในไวน์ของเยอรมันอยู่ในช่วง 4-9 กรัมต่อลิตร

การประเมินคุณภาพของไวน์ไม่สามารถพิจารณาได้จากคุณลักษณะทางเคมี หรือการใช้เครื่องมือตรวจวัดเท่านั้น ต้องอาศัยคนหรือผู้ทดสอบในการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสร่วมด้วย โดยอาศัยความพึงพอใจหรือความชอบของผู้ทดสอบเป็นตัวบ่งชี้ในประเมิน ซึ่งความพอใจที่แตกต่างกันของผู้ทดสอบ ขึ้นอยู่กับความรู้และประสบการณ์ของผู้ทดสอบ ซึ่งความแตกต่างเหล่านี้ทำให้เกิดการผลิตไวน์ออกจำหน่ายมากมายหลากหลายรูปแบบเพื่อให้ตรงกับความต้องการของผู้บริโภค ในการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสอาศัยประสาทสัมผัสทั้งห้าของผู้ทดสอบ ในงานวิจัยของ Jones *et al.* (2008) และ Maturano *et al.* (2012) ได้อธิบายลักษณะของไวน์ที่ดีควรมีสีที่เหมาะสมตามชนิดของไวน์นั้นๆ มีขา (leg) หรือน้ำตาไวน์ (tear) ที่บอกถึงน้ำหนัก หรือ body ของไวน์ ปกติไวน์ควรใสเป็นประกาย (brilliant) โดยเฉพาะไวน์ขาวควรมีสีเหลืองทอง หรือเหลืองฟางข้าว ส่วนไวน์แดงควรมีสีแดงคล้ายทับทิม ไม่มีตะกอนหรือความขุ่นที่เห็นได้ชัด ลักษณะของไวน์จากการดมด้วยจมูก จะได้กลิ่นของไวน์ทั้งชนิดที่ต้องการและไม่ต้องการในไวน์ กลิ่นที่พึงประสงค์ในไวน์แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ aroma เป็นกลิ่นขององุ่นวัตถุดิบที่ใช้ผลิตไวน์นั้นๆ และกลิ่น bouguet คือ กลิ่นหอมซับซ้อนคล้ายดอกไม้นานาพันธุ์ เกิดจากกลิ่นวัตถุดิบ กลิ่นจากขั้นตอนการหมัก กลิ่นจากการบ่ม กลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ในไวน์เป็นกลิ่นผิดปกติที่เกิดจากการผลิต การปนเปื้อน การเก็บ และการบ่มที่ไม่เหมาะสม ตัวอย่างของกลิ่นเหล่านี้ ได้แก่ กลิ่นเหม็น กลิ่นฉุน กลิ่นยีสต์ กลิ่นดิน กลิ่นน้ำส้มสายชู และกลิ่นกำมะถัน เป็นต้น ส่วนลักษณะของไวน์ที่ได้จากการดื่มแบบเป็นการจิบเพื่อให้รับรู้รสชาติ ซึ่งรวมถึงกลิ่นและรสของไวน์หลังการกลืน ไวน์ที่มีคุณภาพดีควรมีความสมดุล หรือความกลมกลืนของรสชาติขององค์ประกอบต่างๆ ในไวน์ ได้แก่ แอลกอฮอล์ กรด กลิ่น และองค์ประกอบอื่น ๆ

ในกระบวนการทำไวน์จุลินทรีย์เป็นปัจจัยสำคัญอันหนึ่ง ที่ส่งผลต่อคุณภาพของไวน์ จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับไวน์โดยทั่วไปได้แก่ รา ยีสต์ และแบคทีเรีย ราเป็นจุลินทรีย์ที่อาจพบในผลองุ่นที่ใช้ในการทำไวน์และอาจพบปนเปื้อนอยู่ในเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำไวน์ ราที่พบในผลองุ่นได้แก่ *Botryis cinerea, Pennicillium* sp., *Aspergillus niger* และ *Rhizpous nigricans* เป็นต้น (วารุณี, 2549) ส่วนยีสต์จะทำหน้าที่หลักในการเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์ และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (ภาพที่ 2.2) นอกจากนั้นยีสต์ยังสร้างสารประกอบต่างๆ อีกมากมายที่ส่งผลต่อคุณภาพของไวน์ ยีสต์อาจก่อให้เกิดการเน่าเสียในไวน์ได้ด้วย เช่น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Candida valida เป็นยีสต์สำคัญที่ทำให้ไวน์เกิดการเน่าเสีย โดยพบยีสต์จะเจริญที่บนผิวหน้าของไวน์และสร้างแผ่นบางๆ มีลักษณะคล้ายดอกไม้บานหรือ wine flower ยีสต์ที่เจริญแล้วก่อให้เกิดลักษณะแผ่นฟิล์มดังกล่าวอาจเรียกว่า film yeast (นวพร, 2549) นอกจาก *C. valida* แล้วการเน่าเสียของไวน์ยังเกิดจาก *Bretabomyces* sp. โดยทำให้เกิดลักษณะขุ่น มีกลิ่นคล้ายหนู และมีรสชาติเปลี่ยนไป ซึ่งจะพบในไวน์บอร์กโด (Bordeaux) ของประเทศฝรั่งเศส นอกจากยีสต์แล้วยังมีแบคทีเรียเกี่ยวข้องกับไวน์ เช่น ในด้านกระบวนการเปลี่ยนกรดมาลิกให้เป็นกรดแลกติกหรือ malolactic fermentation (MLF) แบคทีเรียที่มีความสามารถในการหมักแบบ MLF ได้แก่ *Leuconostocs, Pediococcus* และ *Lactobacillus* (นวพร, 2549) แบคทีเรียดังกล่าวจะสลายกรดมาลิกไปเป็นกรดแลคติกและคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนแบคทีเรียพวกสร้างกรดอะซิติก เช่น *Acetobacter* และ *Gluconobacter* อาจทำให้ไวน์เกิดการเน่าเสียได้จากการออกซิไดส์แอลกอฮอล์ไปเป็นกรดอะซิติก

$$C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{Yeast}} 2C_2H_5OH + 2CO_2$$

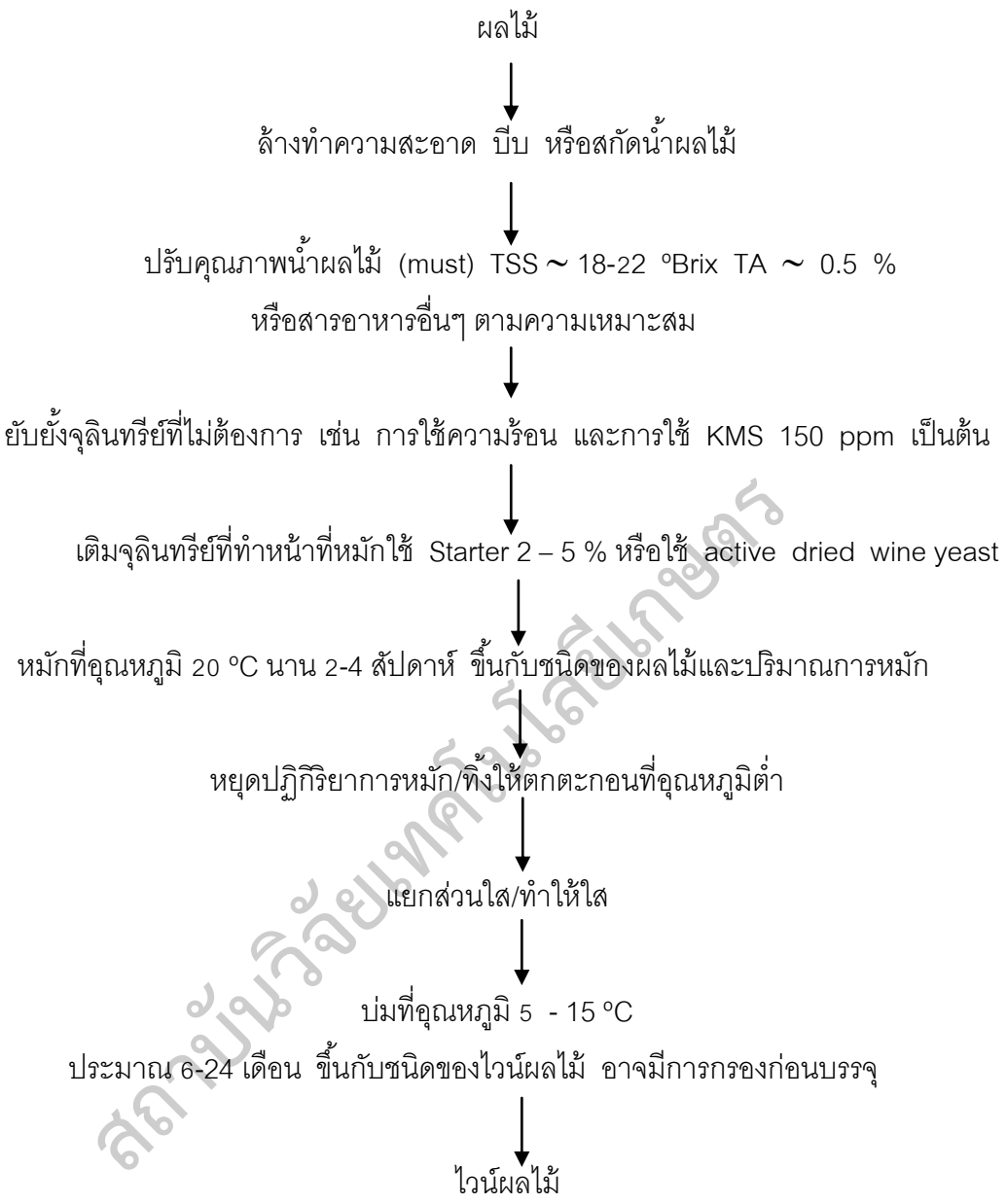
ภาพที่ 2.2 สมการการเปลี่ยนน้ำตาลในน้ำผลไม้เป็นแอลกอฮอล์โดยยีสต์

ที่มา: นิอร (2555)

2.2 ไวน์ผลไม้

ไวน์ผลไม้ หรือ fruit wine คือ ไวน์ที่หมักจากผลไม้ชนิดอื่นนอกเหนือจากองุ่น เช่น ไวน์สับปะรด ไวน์ลิ้นจี่ ไวน์มะเม่า ไวน์มะเกี๋ยง เป็นต้น (ประดิษฐ์, 2545) จากนิยามของไวน์ผลไม้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 2/2546 ไวน์ผลไม้ หมายถึง สุราแช่ชนิดหนึ่ง ซึ่งทำจากการนำวัตถุดิบจำพวกผลไม้หรือน้ำผลไม้มาผ่านกรรมวิธีการผลิตไวน์ผลไม้ มีแรงแอลกอฮอล์ไม่เกิน 15 ดีกรี/ร้อยละโดยปริมาตร หากมีการผสมสุรากลั่นต้องมีแรงแอลกอฮอล์ไม่เกิน 15 ดีกรี/ร้อยละโดยปริมาตร (สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม, 2546) ซึ่งขั้นตอนของการทำไวน์ผลไม้โดยทั่วไปแสดงไว้ดังภาพที่ 2.3 กระบวนการทำไวน์ผลไม้แต่ละชนิดจะมีขั้นตอนการผลิตที่แตกต่างกันไปตามชนิดของผลไม้ (ธีรวัลย์, 2542) โดยมีขั้นตอนสำคัญที่ควรคำนึงถึงคือ การคัดเลือกผลไม้ การเตรียมน้ำหมัก การหมัก การยุติการหมัก การแยกส่วนใส การบ่ม การทำให้ใส การบรรจุขวด และการเก็บรักษา ซึ่งในแต่ละขั้นตอนจะมีเทคนิคที่เหมาะสมเพื่อทำให้ได้ไวน์ผลไม้ที่มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร



ภาพที่ 2.3 กระบวนการทำไวน์ผลไม้

ที่มา: นิอรและคณะ (2554)

ผลไม้ที่มีศักยภาพใช้ในการทำไวน์ผลไม้มีอยู่เป็นจำนวนมาก จากการที่ประเทศไทยเป็นเมืองผลไม้ มีผลไม้ออกสู่ตลาดตลอดทั้งปี เพราะความหลากหลายเหล่านี้จึงทำให้มีการผลิตไวน์ผลไม้หลายชนิดขึ้นได้อย่างคณานับ สำหรับผลไม้ที่เหมาะสำหรับทำไวน์ควร มีรสหวานอมเปรี้ยว มีสี กลิ่น และรสชาติดี หรือมีรสฝาดเล็กน้อย ควรหลีกเลี่ยงผลไม้ที่มีปริมาณของแป้งและเพคตินสูงเพราะจะทำให้ไวน์ขุ่น ถ้าเป็นผลไม้ที่มีความเปรี้ยวมากจะต้องเติมน้ำในปริมาณ

สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร

ที่มาก ผลไม้บางชนิดที่ไม่มีรสเปรี้ยวก็จะต้องเติมกรดลงไปเล็กน้อยเพื่อปรับรสชาติ และสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญของยีสต์หรือบางครั้งอาจนำผลไม้ที่มีรสหวานผสมกับผลไม้ที่มีรสเปรี้ยว ผลไม้ที่นำมาทำการผลิตไวน์ควรมีสารอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญของยีสต์ ถ้ามีสารอาหารไม่เพียงพอก็ต้องเติมลงไปเพื่อให้ยีสต์เจริญเติบโต สามารถทำให้เกิดการหมักได้คุณภาพของผลไม้มีผลต่อคุณภาพและรสชาติของไวน์มาก แม้แต่ผลไม้ชนิดเดียวกันถ้าหากต่างสายพันธุ์ก็จะทำให้ได้ไวน์ที่มีคุณภาพต่างกัน ผลไม้ที่นิยมมาทำไวน์และได้ผลดีได้แก่ กระเจี๊ยบแดง กระท้อน ชมพู่ มะม่วง มะยม มะเกี๋ยง มะดัน มะเฟือง มะขามเปียก หม่อน มะขามป้อม ลูกหว้า มะเม่า สับปะรด เป็นต้น (ประดิษฐ์, 2545)

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2546) ได้กำหนดมาตรฐานอุตสาหกรรมไวน์ มาตรฐานเลขที่ มอก. 2089-2544 โดยขอบข่ายมาตรฐานครอบคลุมถึงไวน์ที่ทำหรือนำเข้ากำหนดเกิน 1ลูกบาศก์เดซิเมตร (ลิตร) เพื่อประโยชน์ทางการค้า โดยได้กำหนดคุณลักษณะที่ต้องการในด้านต่างๆ รวมทั้งแสดงเครื่องหมายและฉลาก การบรรจุ ตลอดจนวิธีชักตัวอย่างและเกณฑ์การตัดสิน โดยไวน์ที่ได้รับการรับรองคุณภาพต้องมีคุณลักษณะตามมาตรฐานดังนี้

1. แรงแอลกอฮอล์เป็นไปตามที่ระบุไว้ที่ฉลาก โดยเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนได้ 1 ดีกรีร้อยละโดยปริมาตร

2. มีคุณลักษณะทางเคมีคือ

(1)	ฟูเซลออยล์	ไม่เกิน	2500	มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร
(2)	เอสเทอร์	ไม่เกิน	1200	มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร
(3)	แอลดีไฮด์	ไม่เกิน	160	มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร
(4)	เมทิลแอลกอฮอล์	ไม่เกิน	420	มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร
(5)	เอทิลคาร์บาเนต	ไม่เกิน	200	มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

3. วัตถุเจือปนอาหารและปริมาณกำหนดไม่ให้เกินที่กำหนด ดังนี้

(1) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไม่เกิน 300 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

(2) กรดเบนโซอิกหรือเกลือของกรดนี้ไม่เกิน 250 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

(3) กรดซอร์บิกหรือเกลือของกรดนี้ไม่เกิน 200 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

(4) สารปรุงแต่งสีกลิ่นรสต้องอยู่ในปริมาณที่เหมาะสม

4. สารปนเปื้อนที่อาจมีอยู่ในไวน์ไม่เกินเกณฑ์ ดังต่อไปนี้คือ

(1)	สารหนู	ไม่เกิน	0.1	มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร
(2)	ตะกั่ว	ไม่เกิน	0.2	มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร

(3) ทองแดง ไม่เกิน 5.0 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

(4) เหล็ก ไม่เกิน 1.5 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

5. ไม่มีเฟอร์โรไซยาไนต์ปนเปื้อนอยู่ในไวน์

6. การบรรจุมีปริมาตรสุทธิ ตามระบุไว้ที่ฉลาก และไม่ต่ำกว่าปริมาณที่แสดงไว้เป็นร้อยละ คือ ร้อยละ 6 สำหรับปริมาตรไม่เกิน 50 มิลลิลิตร ร้อยละ 3 สำหรับปริมาตรไม่เกิน 50-500 มิลลิลิตร ร้อยละ 2 สำหรับปริมาตรไม่เกิน 500 มิลลิลิตร แต่ไม่เกิน 1 ลิตร ร้อยละ 1 สำหรับปริมาตรเกิน 1 ลิตรขึ้นไป

7. เครื่องหมายและฉลากแสดงชัดเจนมีรายละเอียดเกี่ยวกับ

(1) ชื่อผลิตภัณฑ์ตามชื่อไวน์ต่างๆ เช่น ไวน์องุ่น ไวน์ผลไม้หรือระบุชื่อผลไม้ที่ใช้ทำไวน์ ไวน์ข้าว เทเบิลไวน์ สปาร์กลิ่งไวน์

(2) ชื่อทางการค้า

(3) แรงแอลกอฮอล์เป็นดีกรี หรือร้อยละโดยปริมาตร

(4) ปริมาตรสุทธิ

(5) คำเตือนตามกฎหมายที่เกี่ยวข้อง เช่น การดื่มสุราทำให้ความสามารถในการขับขี่ลดลง เป็นต้น

(6) ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำหรือผู้นำเข้า พร้อมสถานที่ตั้ง

(7) เครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน (ถ้ามี)

ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีเครื่องหมายกับภาษาไทยที่กำหนดให้ข้างต้น ยกเว้นคำเตือนต้องเป็นภาษาไทย (นิรนาม, 2545)

ตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิตไวน์ผลไม้ ได้แก่

Jitjaroen (2007) ทำการหมักไวน์กระท้อน โดยใช้เพคทิเนสร้อยละ 0.05 เพื่อให้ได้น้ำกระท้อนที่มีความใส โดยทำการปรับน้ำหมักให้มีปริมาณน้ำตาล 200 กรัมต่อลิตร ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต (DAP) 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ไทอะมีน 0.6 มิลลิกรัมต่อลิตร และซัลเฟอร์ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร แล้วใช้ยีสต์ SIHA 3 ในกระบวนการหมัก พบว่า ในระหว่างกระบวนการหมักยีสต์สร้างแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 47 กรัมต่อลิตรต่อวัน

Panjai *et al*. (2009) ทำการหมักน้ำสับปะรดด้วยยีสต์ *Torulaspora delbrueckii* และ *S. cerevisiae* ผลการศึกษาพบว่า การใช้ *S. cerevisiae* อย่างเดียว และการหมักด้วยเชื้อผสมของ *S. cerevisiae* และ *T. delbrueckii* สามารถทำให้เกิดการหมักอย่างสมบูรณ์ ในขณะที่

สถาบันวิทยบริการเทคโนโลยีเกษตร

การใช้ *T. delbrueckii* อย่างเดียวในการหมัก มีประสิทธิภาพการหมักร้อยละ 78 เมื่อทำการหมักนาน 14 วัน

Srisamatthakarn (2011) ทำการวิจัยเพื่อพัฒนาคุณภาพของไวน์เสาวรส โดยการใช้แหล่งอาหารเสริมจุลินทรีย์ DAP optiwhite (inactive yeast with high glutathione) Fermaid E (DAP thiamine ammonium sulfate และผนังเซลล์ยีสต์) Vitamon Combi (DAP และ thiamine) Vitamon Ultra (DAP thiamine และผนังเซลล์ยีสต์) และใช้ยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* var. *bayanus* จำนวน 5 สายพันธุ์ ใช้ยีสต์ในกลุ่มของ *S. cerevisiae* จำนวน 7 สายพันธุ์ และ *Saccharomyces* spp. จำนวน 2 สายพันธุ์ ผลการศึกษาพบว่า *S. cerevisiae* var. *bayanus* QA23 และ LittoLevure เป็นยีสต์ที่มีความเหมาะสมในการหมักน้ำเสาวรส เนื่องจากไวน์เสาวรสที่ได้มีคุณลักษณะของกลิ่นหอม(aroma) น่าพึงพอใจกว่ายีสต์สายพันธุ์อื่น เมื่อกำหนดสภาวะการหมักให้มีการเติม DAP 0.5 กรัมต่อลิตร ลงในน้ำหมักเริ่มต้น การทดลองเติมแหล่งอาหารเสริมจุลินทรีย์ต่างๆ ลงในน้ำเสาวรส แล้วทำการหมักไวน์เสารสด้วย *S. cerevisiae* var. *bayanus* QA23 *S. cerevisiae* Sauvignon และ X5 พบว่า Vitamon Comb Vitamon Ultra และ Fermaid E มีความเหมาะสมในการใช้เป็นแหล่งอาหารเสริมให้กับยีสต์ โดยทำให้ไวน์ที่ผลิตได้มีปริมาณสารประกอบระเหยได้ที่เป็นยอมรับในปริมาณที่สูง

ธีรวัลย์ และคณะ (2538) ทำไวน์จากผลไม้พื้นบ้าน 3 ชนิด คือ ลูกหว้า มะยม และลำไย พบว่า ไวน์ลูกหว้าควรทำจากผลหว้าสุกสีม่วง ปรับน้ำหมักให้มีน้ำตาล 180 กรัมต่อลิตร DAP 70 มิลลิกรัมต่อลิตร ไวน์มะยมควรเตรียมจากการใช้มะยมต่อน้ำในอัตราส่วน 1:2 เติมกรดแอสคอร์บิก 30 มิลลิกรัมต่อลิตร และไวน์ลำไยควรเตรียมจากการใช้เนื้อลำไยต่อน้ำในอัตราส่วน 1:1 และเติมเบนโทไนต์ร้อยละ 0.1

อังคณา (2539) ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของไวน์น้ำผึ้งผสมมะเกี๋ยง (*Cleistocalyx nervosum* var. *paniala*) โดยใช้น้ำผึ้งจากดอกสาบเสือ (*Eupatorium odoratum* Linn) หมักด้วยยีสต์ 3 สายพันธุ์ คือ Montrachet Bayanus และ Burgundy พบว่า การใช้ยีสต์สายพันธุ์ Burgundy มีประสิทธิภาพในการหมักสูงสุด รองลงมาคือ Bayanus และ Montrachet ตามลำดับ นอกจากนี้เมื่อประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสยังพบว่า ผู้ทดสอบยอมรับไวน์น้ำผึ้งผสมมะเกี๋ยงที่เตรียมจากน้ำหมักที่มีปริมาณกรดทั้งหมดเริ่มต้นร้อยละ 0.6 มากกว่าร้อยละ 0.5 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ศิริพร (2540) นำผลหม่อนมาทำการผลิตเป็นไวน์ผลไม้ โดยทำการศึกษาปริมาณ DAP (ร้อยละ 0-0.09) ที่เหมาะสมในการเตรียมน้ำหมักจากผลหม่อน พบว่า ปริมาณ DAP ที่เหมาะสม คือ 0.03% โดยน้ำหนักต่อปริมาตร

สมชาย และคณะ (2541) ศึกษาเรื่องการทำไวน์มะม่วงแก้วจากมะม่วงกระป๋อง โดยใช้เนื้อมะม่วงต่อน้ำในอัตราส่วน 1:1 ในการเตรียมน้ำหมัก แล้วปรับน้ำหมักให้มีปริมาณน้ำตาล 200 กรัมต่อลิตร กรดแอสคอร์บิก 40 มิลลิกรัมต่อลิตร และ DAP 100 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ไวน์มะม่วงที่ได้มีปริมาณแอลกอฮอล์เฉลี่ยร้อยละ 12 มีคุณภาพตามมาตรฐาน และผู้ทดสอบชิมประเมินคะแนนความชอบที่ระดับปานกลาง

ภัทราภรณ์ (2542) หมักไวน์หม่อนโดยใช้ผลหม่อนต่อน้ำในอัตราส่วน 1:3 ปรับน้ำหมักให้มีน้ำตาลปริมาณ 180 กรัมต่อกิโลกรัม กรดทั้งหมดร้อยละ 0.4-0.6 โปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟท์ 50-100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม DAP 110 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และเพคติเนส 110-150 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม พบว่า การหมักไวน์หม่อนนาน 15 วัน ทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลลิคเริ่มต้นจาก 825 มิลลิกรัมต่อลิตร ลดลงเหลือ 575-725 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณแอนโทไซยานิน 185 มิลลิกรัมต่อลิตร ลดลงเหลือ 125-140 มิลลิกรัมต่อลิตร

ธีรวัลย์ และคณะ (2547) ศึกษาการทำไวน์ลำไยโดยใช้ลำไยสายพันธุ์ต่างๆ และใช้ลำไยผลสดและผลแห้ง เป็นวัตถุดิบเริ่มต้น การปรับน้ำหมักให้มีปริมาณน้ำตาล 200 กรัมต่อลิตร และเติม DAP 120 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ลำไยสายพันธุ์อีดอ และเบี้ยวเขียว มีความเหมาะสมในการหมักไวน์ลำไยมากกว่าสายพันธุ์ชมพู และการใช้ลำไยแห้งสีเหลืองทองมีผลทำให้ไวน์ลำไยที่มีคุณภาพดีกว่าการใช้ลำไยแห้งสีน้ำตาลคล้ำหรือดำ เมื่อทำการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค พบว่า ผู้บริโภคยอมรับไวน์ลำไยที่ทำจากลำไยแห้งมากกว่าไวน์ลำไยที่ทำจากลำไยสด

วันเพ็ญ และคณะ (2553) ศึกษาการใช้ยีสต์สายพันธุ์ต่างๆ และปริมาณการเติมไดแอมโมเนียมฟอสเฟตในกระบวนการทำไวน์เม่า พบว่า ไวน์เม่าที่หมักด้วยยีสต์สายพันธุ์ Rhône 2323 RC212 GHM และ V1116 ร่วมกับการเติมไดแอมโมเนียมฟอสเฟต 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร จะช่วยลดการสร้างสารประกอบกลุ่ม SO_2-binding compounds ในผลิตภัณฑ์ไวน์เม่า

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของไวน์และไวน์ผลไม้

ในกระบวนการทำไวน์และไวน์ผลไม้ มีปัจจัยหลักๆ ที่มีผลต่อคุณภาพของไวน์และไวน์ผลไม้ ดังนี้

1. ชนิดของผลไม้ที่ใช้ในการทำไวน์ ควรมีความเหมาะสม มีคุณภาพดี มีกลิ่นหอม มีความสุกพอดี Anonymous (2010b) กล่าวถึงองุ่นที่เหมาะสมที่ใช้ทำไวน์โดยทั่วไปควรจะมีน้ำตาลประมาณ 200 - 240 กรัมต่อลิตร และมีกลิ่นผลไม้ที่ให้เอกลักษณ์ของไวน์จากองุ่นพันธุ์ต่างๆ

2. การเตรียมน้ำหมัก ในการเตรียมน้ำหมักสำหรับทำไวน์และไวน์ผลไม้จะเป็นขั้นตอน ที่สำคัญ เนื่องจากน้ำหมักมีผลต่อลักษณะและคุณภาพของไวน์และไวน์ผลไม้ที่หมักได้ การเตรียมน้ำผลไม้เพื่อใช้เป็นน้ำหมักอาจจะเตรียมแบบที่มีทั้งผลที่มักใช้ในการเตรียมน้ำหมักสำหรับไวน์องุ่นแดง และการหมักที่เตรียมเฉพาะส่วนของน้ำผลไม้ (Ribéreau-Gayon *et al*., 2006b) ในขั้นตอนของการเตรียมน้ำหมัก อาจมีการเติมเอนไซม์ เพื่อช่วยในการสกัดน้ำผลไม้ เช่น เพคทิเนส นอกจากนั้น เอนไซม์ที่พบอยู่ในผลไม้ เช่น โปรติเอส ที่สามารถย่อยโปรตีนที่พบในน้ำหมักให้มีกรดอะมิโนอิสระเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลต่อจลนพลศาสตร์การหมักของยีสต์ที่ใช้หมักไวน์ (Ribéreau-Gayon *et al*., 2006a) เมื่อเตรียมน้ำผลไม้แล้วทำการเตรียมน้ำหมักโดยการทำลายจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำหมัก ซึ่งอาจทำได้โดยการใช้ความร้อนซึ่งอาจทำให้ไวน์ ที่ขุ่น ทำให้ใสได้ยาก ทำให้เกิดการสูญเสียรสชาติบางส่วนไป และมีกลิ่นของผลไม้ต้มสุก (ธีรวัลย์, 2542) และการใช้สารเคมีในการทำลายและยับยั้งจุลินทรีย์ สารเคมีที่นิยมใช้ในการเติมลงในน้ำหมักเพื่อทำลายและยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในน้ำหมัก คือ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โดยนิยมใช้ในรูป KMS (โปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์) โดยทั่วไปจะเติมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ใน น้ำหมักในปริมาณ 50-100 มิลลิกรัมต่อลิตร (Ribéreau-Gayon *et al*., 2006a)

3. การเตรียมกล้าเชื้อยีสต์และการหมัก เป็นปัจจัยอันหนึ่งที่มีความสำคัญต่อคุณภาพของไวน์ การเตรียมยีสต์เริ่มต้นเพื่อใช้เป็นหัวเชื้อหรือกล้าเชื้อ (inoculum หรือ starter) อาจทำได้โดยการใช้เชื้อบริสุทธิ์สายพันธุ์เดียว หรือเชื้อบริสุทธิ์แบบผสม การเติมอาจเติมลงไปพร้อมกันในตอนเริ่มหมัก หรืออาจมีการเติมแบบตามลำดับ การเตรียมกล้าเชื้อที่เหมาะสมจะทำให้การหมักมีอัตราเร็วที่เหมาะสม เกิดความสม่ำเสมอของการหมัก ลดความเสี่ยงจากการเน่าเสียของจุลินทรีย์ปนเปื้อนที่ไม่ต้องการ ซึ่งยีสต์ที่ใช้ในการทำไวน์ในปัจจุบันจะมีทั้งยีสต์กลุ่ม non-*Saccharomyces* และยีสต์กลุ่ม *Saccharomyces* (Chomsri, 2008) ทั้งนี้ควรมีการควบคุม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุณหภูมิในระหว่างกระบวนการหมักไวน์ โดยไวน์ขาวควรหมักที่ 15-18 องศาเซลเซียส ในขณะที่ไวน์แดงควรหมักที่ 15-20 องศาเซลเซียส (ประดิษฐ์, 2545)

4. การทำให้ไวน์และไวน์ผลไม้ใส หลังจากหมักเสร็จ ควรถ่ายตะกอนยีสต์และสารแขวนลอยอื่นๆ ตกตะกอนนอนอยู่ที่ก้นถังหมักไวน์ทิ้ง (rack) และเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำ การทำไวน์ให้ใสอาจทำได้โดยเติมสารตกตะกอนช่วยให้ไวน์ใส (fining agent) ได้แก่ bentonite, gelatin casein, tannin และ icing glass เป็นต้น และยังทำได้ด้วยการกรอง หรือการปั่นแยกตะกอน (Ribéreau-Gayon *et al*., 2006a)

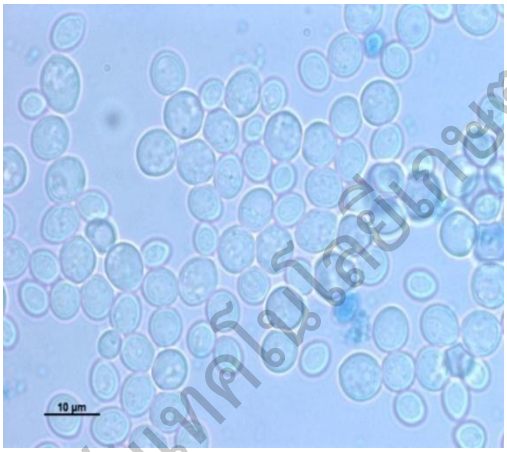
5. การเก็บและการบ่มไวน์และไวน์ผลไม้ เป็นปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของไวน์และไวน์ผลไม้ในด้านการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมี ซึ่งส่งผลกระทบต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไวน์และไวน์ผลไม้ ประดิษฐ์ (2545) กล่าวว่า การบ่มไวน์ (aging) ควรเก็บไวน์ไว้ในภาชนะที่เหมาะสม บรรจุไวน์ให้เกือบเต็มถัง ให้มีที่ว่างของอากาศเหลือน้อยที่สุดในภาชนะ หรือแทนที่อากาศด้วยแก๊สเฉื่อย เช่น ไนโตรเจน หรือ คาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อป้องกันปฏิริยาออกซิเดชั่น การบ่มไวน์ในถังไม้โอ๊กจะให้กลิ่น สี และรสของสารสกัดไม้โอ๊กกับไวน์ และควรบ่มไวน์ไว้ที่อุณหภูมิประมาณ 15 องศาเซลเซียส และสถานที่บ่มไม่ควรมีกลิ่นน่ารังเกียจ หรือไม่ควรบ่มไวน์ไว้ใกล้สารเคมี

6. การทำให้ไวน์อยู่ตัว เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อคุณภาพของไวน์และไวน์ผลไม้ เนื่องจากไวน์ที่เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านสี ความใส หรือตกตะกอน หลังการบรรจุและการเก็บไว้ระยะหนึ่ง แสดงถึงเทคนิคในการผลิตที่ยังไม่เหมาะสม สาเหตุของการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว เช่น จุลินทรีย์ โปรตีน ผลึกโปตัสเซียมไบทาร์เทรต (cream of tartar) และโลหะหนักที่พบหลงเหลืออยู่ในไวน์ในปริมาณที่ก่อให้เกิดผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของไวน์และไวน์ผลไม้ ในไวน์หรือไวน์ผลไม้ชนิดขาวมักพบปัญหาไวน์ที่เกิดความขุ่นหลังการบรรจุและวางจำหน่าย โดยอาจมีสาเหตุมาจากเพคทินที่แขวนลอยอยู่ในไวน์ ซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยการเติมเพคทิเนสในน้ำผลไม้ก่อนการหมัก นอกจากนั้น อาจจะเกิดจากโปรตีนที่พบในไวน์หรือไวน์ผลไม้ที่ทำปฏิกิริยากับองค์ประกอบอื่นในไวน์หรือไวน์ผลไม้ ทำให้เกิดลักษณะขุ่นขึ้น ตัวอย่างข้อมูลของการรายงานปริมาณโปรตีนที่พบในไวน์ เช่น Ribéreau-Gayon *et al*. (2006b) รายงานการพบโปรตีนในไวน์มีความเข้มข้นอยู่ระหว่าง 10-300 มิลลิกรัมต่อลิตร ในขณะที่ Hale *et al*. (2005) รายงานปริมาณความเข้มข้นโปรตีนที่ละลายได้ทั้งหมดอยู่ในช่วง 118-800 มิลลิกรัมต่อลิตร

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.4 ยีสต์

ยีสต์ (yeast) เป็นเชื้อจุลินทรีย์ในกลุ่มของฟังไจ (fungi) เช่นเดียวกับรา (mold) ยีสต์มีมากมายหลายสกุล (genus) และชนิด (species) ยีสต์เป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว มีรูปร่างกลม (round) รี (oval) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กมาก ประมาณ 5-10 ไมครอน ดังแสดงในภาพที่ 2.4 การสืบพันธุ์ของยีสต์มีทั้งแบบอาศัยเพศและไม่อาศัยเพศ แบบไม่อาศัยเพศจะใช้วิธีการแตกหน่อ (budding) ส่วนแบบอาศัยเพศจะใช้วิธีการสร้างสปอร์ (สุมณฑา, 2545)



ภาพที่ 2.4 ลักษณะเซลล์ของยีสต์ที่ดูจากกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 1,000 เท่า
ที่มา: Thepkaew and Chomsri (2011)

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ยีสต์ได้ถูกนำมาใช้ในการผลิตอาหารและอุตสาหกรรมหลายชนิด เช่น เต้าเจี้ยว ซีอิ๊ว เหล้า เบียร์ ไวน์ และขนมปัง เป็นต้น (ตารางที่ 2.2) ในทางตรงข้ามยีสต์หลายชนิดก็ก่อให้เกิดโทษและผลเสียต่อการแปรรูปอาหาร (ฟูจิโอะ, 2546) เซลล์ยีสต์เป็นแหล่งสะสมสารอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงหลายชนิด เช่น โปรตีน และวิตามินบีรวม ทำให้มีการนำเซลล์ยีสต์มาใช้ประโยชน์ในการทำเป็นอาหารเสริมสุขภาพ รวมทั้งการนำมาใช้เป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสของอาหาร (แพรวไพริน และคณะ, 2552) ในปัจจุบันได้มีการศึกษาจัดหมวดหมู่ของยีสต์แบ่งออกเป็นมากกว่า 700 ชนิด (Chomsri, 2008) ซึ่งนิอร (2555) ได้รายงานการแบ่งยีสต์ออกเป็น 2 กลุ่ม คือ ยีสต์กลุ่ม *Saccharomyces* และ ยีสต์กลุ่ม non-*Saccharomyces* และเนื่องจากยีสต์กลุ่ม non-*Saccharomyces* มีคุณสมบัติในการหมัก และความต้องการอากาศที่ต่างกัน

ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากยีสต์ในระดับอุตสาหกรรม

ผลิตภัณฑ์	ชนิดยีสต์
ยีสต์ขนมปัง	*Saccharomyces cereviseae*
เบเกอรี่	*Saccharomyces cereviseae*
เบียร์	*Saccharomyces uvarum*
เอล	*Saccharomyces cereviseae*
ไวน์	*Saccharomyces cereviseae*
เอธิลแอลกอฮอล์	*Saccharomyces cereviseae*
กลีเซอรอล	*Torulopsis* sp.
อะไมเลส	*Endomycopsis* sp.
อินเวอร์เทส	*Saccharomyces cereviseae*
ไลเปส	*Candida lipoltica*
พูลลูแลน	*Aureobasidium pullulans*

ที่มา : กมลวรรณ (2550)

การเจริญเติบโตของยีสต์จะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ แหล่งของสารอาหาร พีเอช ออกซิเจน และอุณหภูมิ (นงลักษณ์ และปรีชา, 2552) โดยทั่วไปแหล่งคาร์บอนที่ยีสต์ใช้เป็นสารอาหารในการเจริญเติบโต ได้แก่ น้ำตาล ส่วนแหล่งไนโตรเจน เช่น กรดอะมิโน และเกลือแอมโมเนียม ยีสต์เจริญได้ที่พีเอชค่อนข้างกว้างคือ 3-8 (Walker, 1998) ในสภาวะที่มีอากาศยีสต์จะสามารถเจริญและเพิ่มจำนวนได้ดี ในขณะที่สภาวะที่มีอากาศจำกัดจะทำให้ยีสต์เกิดการหมัก (Chomsri, 2008) ยีสต์สามารถเจริญได้ในช่วงอุณหภูมิที่กว้างขึ้นกับชนิดและสายพันธุ์ โดยพบว่าอาจเจริญได้ตั้งแต่ 0-8 องศาเซลเซียส การทำงานของยีสต์ที่นำมาใช้ในกระบวนการหมักจะทำการเปลี่ยนน้ำตาลในน้ำผลไม้ ทำให้ได้แอลกอฮอล์และคาร์บอนไดออกไซด์ อุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำงานของยีสต์อยู่ในช่วง 21-32 องศาเซลเซียส (จารุวรรณ, 2551)

ยีสต์สามารถเจริญในอาหารที่มีน้ำตาลสูง เช่น น้ำผลไม้ แยม ผลไม้แช่อิ่มหรืออบแห้ง รวมทั้งอาหารที่มีปริมาณเกลือเป็นองค์ประกอบ เช่น ผักดอง แฮม เบคอน และเนื้อเค็ม สปอร์ของยีสต์ไม่ทนความร้อนเหมือนสปอร์ของแบคทีเรีย นอกจากนี้ยีสต์ยังมีเอนไซม์ที่ย่อยสลายกรดอินทรีย์ต่างๆ ที่ใช้ในการถนอมอาหาร เช่น กรดแลกติก และกรดอะซิติกได้ ทำให้กรดมี

สถาบันวิทยบริการ เทคโนโลยีการเกษตร

ความเข้มข้นลดลง ทำให้อาหารมีสภาวะเหมาะสมในการเจริญของแบคทีเรียได้ อาหารที่เกิดจากการเน่าเสียของยีสต์มักเกิดกลิ่นหมัก เมือก หรือฝ้าบริเวณผิวหน้า จากการเปลี่ยนแปลงน้ำตาลให้เป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และเอทิลแอลกอฮอล์ ทำให้อาหารที่เน่าเสียจากยีสต์มีฟองแก๊สและมีกลิ่นรสของแอลกอฮอล์คล้ายกลิ่นหมัก ตัวอย่างของยีสต์ที่ทำให้อาหารเน่าเสีย เช่น *Saccharomyces Pichai* และ*Torulopsis* เป็นต้น อย่างไรก็ตามแม้ว่ายีสต์จะเป็นสาเหตุทำให้อาหารเน่าเสียแต่ก็ไม่ทำให้อาหารเป็นพิษ (ยุทธนา, 2553)

ในกระบวนการหมักไวน์หรือไวน์ผลไม้ ยีสต์ถือว่ามีบทบาทสำคัญไม่น้อยไปกว่าผลไม้ที่นำมาใช้ในการหมัก เพราะยีสต์นอกจากมีหน้าที่ในการเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์แล้วยังทำหน้าที่ผลิตสารหอมระเหยที่มีกลิ่นและรสชาติที่เฉพาะ ทำให้ไวน์หรือไวน์ผลไม้ที่ได้มีรสชาติที่เป็นที่พึงพอใจกับผู้บริโภค ไวน์หรือไวน์ผลไม้ประเภทเดียวกันที่ผลิตจากบริษัทที่ต่างกัน อาจมีรสชาติที่ไม่เหมือนกัน เนื่องจากสายพันธุ์ยีสต์ที่ใช้ในการผลิตแตกต่างกัน ยีสต์ที่ใช้ในการผลิตไวน์ควรเป็นยีสต์ที่ความบริสุทธิ์ มีความเสถียร ทนต่อปริมาณแอลกอฮอล์สูง ใช้น้ำตาลได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมตัวและตกตะกอนได้เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก ยีสต์ที่นิยมใช้ในกระบวนการหมักไวน์และไวน์ผลไม้ในปัจจุบันมี 2 แบบ คือ ยีสต์สด และยีสต์ผง ยีสต์สด (fresh yeast) จะถูกเตรียมในอาหารเลี้ยงเชื้อ น้ำองุ่น หรือน้ำผลไม้ที่ใช้เพาะเลี้ยงยีสต์นั้น มีการนำมาขยายพันธุ์เพิ่มจำนวนก่อนนำไปใช้งาน สามารถเก็บในตู้เย็น โดยมีการต่อเชื้อทุก 2-4 เดือน ขึ้นกับชนิดและสายพันธุ์ของยีสต์ ส่วนยีสต์ผง (active dry yeast) เป็นยีสต์แห้ง โดยทั่วไปบรรจุอยู่ในบรรจุภัณฑ์ในซองหรือกระป๋องในสภาพสูญญากาศ เก็บไว้ได้นานนับปีในสภาวะที่เหมาะสม มีความสะดวกในการนำไปใช้งาน (ช่อขวัญ, 2547)

ในระหว่างการหมักไวน์ยีสต์นอกจากจะสร้างแอลกอฮอล์แล้ว ยังสร้างสารเมแทบอไลท์ที่เป็นผลพลอยได้ในระหว่างการหมักออกมาหลายชนิด ไม่ว่าจะเป็นกรดอินทรีย์ต่างๆ สารหอมระเหย ซึ่งล้วนแล้วแต่มีผลต่อคุณภาพของไวน์ทั้งสิ้น ซึ่งในยีสต์ในแต่ละสายพันธุ์ก็จะสร้างสารต่างๆ ออกมาได้มากน้อยต่างกันไป ดังในรายงานวิจัยของ Garciae *et al.* (2010) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการใช้ยีสต์ในสายพันธุ์ที่แตกต่างกันในการนำมาทำการหมัก และทำการเปรียบเทียบการใช้เติมหัวเชื้อแบบผสมในการหมักไวน์ พบว่า ในระหว่างการหมักไวน์อัตราการเจริญของยีสต์จะต่างกัน นอกจากนี้ยังมีการศึกษาถึงการเติมหัวเชื้อในการหมักที่แตกต่างกัน ได้แก่ การเติมหัวเชื้อแบบผสม และการเติมหัวเชื้อแบบเดี่ยว ซึ่งพบว่า การเติมเชื้อยีสต์ในการหมักทั้งสองแบบมีผลทำให้องค์ประกอบของทางเคมี และองค์ประกอบของสารหอมระเหยที่พบในไวน์มีความแตกต่างกัน ทั้งนี้ความแตกต่างดังกล่าวคาดว่าในระหว่างการหมักยีสต์แต่ละสายพันธุ์จะสร้าง

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารเมแทบอไลท์ออกมาต่างกัน ซึ่งลักษณะดังกล่าวส่งผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไวน์ นอกจากนี้ยังพบว่า รูปแบบของเติมเชื้อที่ต่างกันในการหมักก็มีผลทำให้คุณภาพของไวน์ออกมาแตกต่างกัน โดยจะเห็นได้ว่าเมื่อใช้เติมเชื้อแบบผสมของยีสต์ *S.cerevisiae* ร่วมกับการหมัก *C. membranifaciens* พบว่า ทำให้ความสามารถในการสร้างแอลกอฮอล์ลดลง มากกว่าการเติมยีสต์แบบเดี่ยว

2.5 สับปะรด

สับปะรด เป็นพืชเศรษฐกิจและสินค้าเกษตรส่งออกที่สำคัญของประเทศไทย (จินดารัฐ, 2541) ผลิตมากรองมาจากกล้วยและส้ม (Bartholomew *et al*., 2002) ผลผลิตของสับปะรดส่วนใหญ่จะถูกส่งจำหน่ายให้กับโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อการแปรรูปต่างๆ และส่วนที่เหลือถูกจำหน่ายในรูปของผลสดเพื่อการบริโภคภายในประเทศและต่างประเทศ (อดิศักดิ์ และ จินดา, 2549) นอกจากยังพบว่า สับปะรดและน้ำสับปะรดเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการบริโภคกันอย่างกว้างขวาง ทั้งนี้เนื่องมาจากสับปะรดมีกลิ่นรสชาติที่มีลักษณะเฉพาะจึงทำให้เป็นที่ชื่นชอบของผู้บริโภค ซึ่งนอกจากส่วนของเนื้อและน้ำสับปะรดจะได้รับความสนใจในลักษณะทางประสาทสัมผัสและคุณค่าทางอาหารแล้วยังพบว่าในส่วนของแกนของสับประรดก็ได้รับความสนใจเช่นกัน เนื่องมาจากในแกนของสับปะรดจะเป็นแหล่งของใยอาหารที่ถูกนำไปใช้เป็นส่วนผสมที่ทำหน้าที่เฉพาะ (functional ingredients) ในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่และผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ (Raffaella *et al*., 2010) สับปะรดเป็นพืชที่อยู่ในวงศ์ (Family) Bromeliaceae อยู่ในสกุล Ananas มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Ananas comosus* (L) Merr. จัดเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวจำพวกไม้เนื้ออ่อน (จิราพรรณ, 2548) จากข้อมูลของ Anonymous (2010a) รายงานว่า ในปี 2007 มีผลิตภัณฑ์ของสับปะรดมากถึง 188,733,577 ตัน สับปะรดที่ปลูกเป็นการค้าทั่วโลกสามารถแบ่งออกได้เป็น 5 กลุ่มใหญ่ๆ ได้แก่ Cayenne, Queen, Spanish, Abacaxis และ Maiqure ในประเทศไทยปลูกสับปะรด 5 สายพันธุ์ คือ พันธุ์ปัตตาเวีย (Smooth Cayenne; Sarawak; Kew) นิยมปลูกเพื่อส่งโรงงานอุตสาหกรรมสับปะรดกระป๋อง รสหวานฉ่ำ เนื้อผลมีสีเหลืองอ่อนหรือสีเหลืองเข้มในฤดูร้อน พันธุ์อินทรชิตหรืออินทรชิตแดง (Singapore Spanish; Singapore; Singapore Canning) เป็นสับปะรดเก่าแก่ที่สุดของประเทศไทย เนื้อในสีเหลืองทองเมื่อแก่ รสไม่หวาน ไม่หอมมากนัก มีเส้นใยมากและผลเล็ก พันธุ์ขาว (Selangor Green, Green Selangor, Selassie, Green Spanish) เนื้อผลมีสีเหลืองทองรสไม่หวาน คุณภาพของเนื้อภายในไม่ดีนัก ผลมักมีหลายจุก พันธุ์ภูเก็ตหรือพันธุ์สวี (Mauritius Pine, Malacca Queen, Ceylon, Red Ceylon, Malacca, Red Malacca) เนื้อสีเหลืองรสหวานกรอบ มีกลิ่นหอม พันธุ์นางแลหรือพันธุ์น้ำผึ้ง ซึ่งอาจนับได้

สถาบันวิทยบริการจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ว่าเป็นพันธุ์ย่อยของพันธุ์ปัตตาเวีย มีรสชาติดีเป็นที่นิยมของตลาด สับปะรดสามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี รวมทั้งยังสามารถบังคับให้ออกดอกออกผลได้ตลอดทั้งปี ช่วงเก็บเกี่ยวในฤดูกาลตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน-มกราคม และกลางเดือนเมษายน-กรกฎาคม สับปะรดจะให้ผลผลิตมากและมีราคาถูกเหมาะที่จะนำมาแปรรูป ส่วนช่วงเก็บเกี่ยวนอกฤดูกาล ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์-ต้นเดือนเมษายน และเดือนสิงหาคม-ตุลาคม สับปะรดจะให้ผลผลิตน้อยและมีราคาแพง ถ้านำมาแปรรูปจะมีต้นทุนสูงกว่าช่วงเก็บเกี่ยวในฤดูกาล (จิราพรรณ, 2548) ซึ่งสับปะรดที่ปลูกเป็นการค้าสามารถแบ่งเป็น 5 พันธุ์ โดยจะแบ่งตามลักษณะแต่ละพันธุ์ ดังตารางที่ 2.3 สับปะรดมีคุณค่าทางโภชนาการสูง เป็นแหล่งของวิตามินเอ วิตามินบี วิตามินซี และแร่ธาตุ แคลเซียม ฟอสฟอรัสและเหล็ก สับปะรดมีของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีค่าเฉลี่ย อยู่ที่ 14.2 องศาบริกซ์ และมีค่าพีเอชเฉลี่ยอยู่ที่ 3.34 และมีค่าความเป็นกรดโดยการคำนวณจาก การไตเตรทอยู่ที่ประมาณร้อยละ 1.04 มีความชื้นร้อยละ 85 มีกรดแอสคอร์บิก 26.9 mg/100 g ของน้ำหนักสด (Hernandez *et al.,* 2006) ปริมาณน้ำตาลในสับปะรดส่วนใหญ่เป็นพวกซูโครสมีปริมาณร้อยละ 34-70 รองลงมาคือ กลูโคสมีปริมาณร้อยละ 17-36 และฟรุกโทสมีปริมาณร้อยละ 10-26 (Lowles, 1989; Coultate, 2009; USDA, 2012)

ตารางที่ 2.3 พันธุ์สับปะรดที่มีในประเทศไทยและลักษณะที่สำคัญ

พันธุ์	ลักษณะที่สำคัญ
1.พันธุ์ปัตตาเวีย	- ทนทานต่อความแห้งแล้ง และขาดน้ำได้ดีกว่าพันธุ์อื่น ๆ - ขอบใบเรียบ เนื้อในสีเหลือง เนื้อฉ่ำ รสหวาน
2.พันธุ์ภูเก็ต	- รูปร่างทรงกระบอกสม่ำเสมอดี รสชาติดี เนื้อหวานกรอบ - มีกลิ่นหอม
3.พันธุ์นางแล	- ผลมีเปลือกบางมาก เนื้อมีเยื่อใยน้อยสีเหลืองจัด - ขอบใบมักเรียบ
4.พันธุ์อินทรชิต	- เปลือกผลหนา เนื้อสีเหลือง
5.พันธุ์ขาว	- ขนาดตาใหญ่ ผลมักมีหลายจุก เนื้อผลมีสีเหลืองทอง รสชาติหวานอ่อน ปริมาณเยื่อใยสูง แกนผลเหนียว

ที่มา: จิราพรรณ (2548)

สถาบันวิจัยเทคโนโลยีการเกษตร

สับปะรดเป็นผลไม้ที่มีประโยชน์อย่างมากมาย เนื้อใช้รับประทานสดๆหรือแปรรูปเป็นสับปะรดแช่อิ่ม สับปะรดกวน สับปะรดแห้ง แยมสับปะรด หรือบรรจุกระป๋อง ส่วนเศษเหลือของสับปะรดส่วนใหญ่จากอุตสาหกรรมบรรจุกระป๋องสามารถนำมาแปรรูปทำอย่างอื่นได้ เช่น น้ำเชื่อม แอลกอฮอล์ น้ำส้มสายชู และไวน์ อาหารสำหรับเลี้ยงวัว เป็นต้น สับปะรดมีองค์ประกอบของน้ำ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เยื่อใย และสารอาหารอื่นๆ ที่มีคุณค่าทางโภชนาการดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 คุณค่าทางอาหารของสับปะรด (100 g ของสับปะรด)

องค์ประกอบ	ปริมาณ	
น้ำ	86.00	g
พลังงาน	50.00	kcal
โปรตีน	0.54	g
ไขมันทั้งหมด	0.12	g
เถ้า	0.22	g
คาร์โบไฮเดรต	13.12	g
เส้นใย	1.40	g
น้ำตาลทั้งหมด	9.85	g
ซูโครส	5.99	g
กลูโคส	1.73	g
ฟรุกโทส	2.12	g
วิตามินซี	47.80	mg
ไทอะมิน	0.08	mg
ไรโบฟาวิน	0.03	mg
ไนอะซิน	0.50	mg
วิตามินอี (alpha-tocopherol)	0.02	mg
วิตามิน K (phylloquinone)	0.70	ug

ที่มา: ดัดแปลงมาจาก USDA (2012)

สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร

ดัชนีการเก็บเกี่ยวผลสับปะรด มีหลักการพิจารณาดังนี้

1. การนับอายุ โดยทั่วไปสับปะรดจะสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้หลังจากการใช้สารบังคับการติดผลประมาณ 150-160 วัน แต่บางครั้งก็ขึ้นอยู่กับฤดูกาลด้วย

2. การเปลี่ยนแปลงลักษณะภายนอก โดยสังเกตด้วยตาเปล่าอาศัยประสบการณ์และความชำนาญจะช่วยให้สามารถเก็บเกี่ยวผลสับปะรดได้ถูกต้องโดยพิจารณาจาก

(1) สีของเปลือกตาผลสับปะรดเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเขียวอมเหลือง เหลืองอมส้ม ยกเว้นบางช่วงของปีอาจยังคงเปลือกสีเขียวแต่จะเข้มเป็นมัน

(2) ลักษณะของตาย่อยจะเด่นชัด เรียกว่า ตาเต็ม ร่องตาจะตื้นเต็มที่ ขนาดของผลไม่เพิ่ม ใบเล็กๆของตาย่อยจะเหี่ยวแห้งเป็นสีน้ำตาลหรือชมพู

(3) กลีบเลี้ยงที่อยู่ใต้ผลจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีส้ม หรือน้ำตาลอมชมพูและจะเหี่ยว

(4) ก้านของผลเหี่ยวเป็นร่องตามยาว

(5) สีของตาย่อยจะเปลี่ยนโดยเริ่มตั้งแต่โคนผล ปกติจะเปลี่ยนเป็น สีเหลือง เหลืองอมเขียว ส้ม ตั้งแต่ 2-3 ตา ไปจนถึงครึ่งผลหรือทั้งผล ขึ้นกับพันธุ์และฤดูกาลด้วย

(6) การใช้นิ้วดีดหรือไม้เคาะเพื่อฟังเสียง ถ้ามีเสียงโปร่งแสดงว่ายังไม่แก่ แต่ถ้ามีเสียงทึบหรือเสียงที่เรียกว่า แปะ แสดงว่าผลแก่จัดได้ที่แล้วและผลสับปะรดจะมีกลิ่นหอม

3. การเปลี่ยนแปลงลักษณะภายในการตรวจสอบโดยการผ่าดูเนื้อใน ซึ่งปกติจะพิจารณาเริ่มที่เปลี่ยนแปลงของตาผลย่อยส่วนล่าง ก่อนเนื้อจะมีสีเหลือง มีรสชาติหวาน กลิ่นหอม เนื่องจากบางฤดูของปีสีของผิวเปลือกจะไม่เปลี่ยน ยังคงเขียวอยู่จึงต้องใช้วิธีนี้ โดยเฉพาะสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย ซึ่งถ้ามีการปล่อยให้ออกสีเหลืองๆ อาจสุกเกินไป ทำให้เกิดการเน่าเสียได้ง่าย ทำให้ไม่สามารถจำหน่ายได้ การเก็บเกี่ยวผลผลิตสับปะรดโดยทั่วไปจะเก็บประมาณ 3 ครั้งต่อรุ่นจึงหมด โดยครั้งแรกจะสามารถเก็บผลผลิตได้ประมาณร้อยละ 20-25 ของผลผลิตในแปลง การปล่อยให้สับปะรดสุกเกินกว่าร้อยละ 25 จะทำให้สับปะรดสุกเกิน ทำให้ช้ำเสียหายในระหว่างการขนส่ง ในการเก็บครั้งที่ 2 จะเว้นระยะห่างจากครั้งแรกประมาณ 5 วัน เก็บได้ประมาณร้อยละ 40-60 ของจำนานผลทั้งหมด และครั้งสุดท้ายเก็บหลังจากครั้งที่ 2 ประมาณ 5-7 วัน ซึ่งเป็นการเก็บผลผลิตที่เหลือทั้งหมด สำหรับโรงงานสับปะรดกระป๋องจะรับซื้อผลสับปะรดไปใช้เป็นวัตถุดิบในสภาพที่ไม่มีก้านและไม่มีจุก การเก็บเกี่ยวผลเพื่อส่งผลผลิตให้โรงงานจึงนิยมใช้วิธีการหักผลจากต้น ซึ่งผลจะหักออกตรงรอยต่อระหว่างผลและก้านพอดีไม่มีส่วนของก้านติดมากับผล ส่วนจุกจะใช้มีดตัดออก ไม่ควรบิดจุกออกจากผลเพราะจะทำให้มี

สถาบันวิจัยพัฒนาการเกษตร

รอยแผลลึกเป็นช่องทางให้เกิดการเน่าเสียได้ง่าย การเก็บเกี่ยวสับปะรดและขนส่งผลสับปะรดสู่โรงงานทุกขั้นตอนควรทำด้วยความระมัดระวังเพื่อไม่เกิดการช้ำที่ผล (มนตรี, 2535)

ผลสับปะรดใช้เวลาในการเจริญเติบโตตั้งแต่การติดผลจนถึงระยะเก็บเกี่ยวประมาณ 150-165 วัน การสุกของสับปะรดในแปลงหนึ่งๆ จะไม่พร้อมกันจะทยอยกันสุกในช่วงเวลา 3-5 สัปดาห์ ดังนั้นการเก็บเกี่ยวจึงต้องทำ 3-4 ครั้งจนกว่าจะหมดแปลง เมื่อผลเจริญเติบโตถึงระยะเก็บเกี่ยวสีของเปลือกผลจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลือง (ภาพที่ 2.5) กลีบรองดอกที่อยู่ส่วนล่างของผลย่อยจะเปลี่ยนสีจากสีชมพูเป็นสีน้ำตาลและเริ่มเหี่ยว เนื้อภายในผลจะเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีเหลือง (จินดารัฐ, 2541)

ภาพที่ 2.5 ความสุกแก่ในแต่ละระดับของผลสับปะรด
ที่มา: Mohammed (2004)

2.6 โบรมิเลน

โบรมิเลนเป็นเอนไซม์ endoprotease ที่อยู่ในกลุ่ม cysteine protease (Khan *et al.,* 2003) พบในเนื้อเยื่อ ลำต้น ผล และใบของสับปะรด (Devakate *et al*., 2009) โบรมิเลนจากส่วนของลำต้นสับปะรด หรือ stem bromelain (EC3.4.22.32) มีขนาดโมเลกุล 24.5 kDa และโบรมิเลนจากส่วนของผลสับปะรด หรือ fruit bromelain (EC 3.4.22.33) มีขนาดน้ำหนักโมเลกุล 25 kDa (Polaina and Maccabe, 2007; Xue *et al*., 2010) โบรมิเลนประกอบด้วยกรดอะมิโน

283 หน่วย มีค่าพีเอชที่เหมาะสมในการย่อยเคซีนที่พีเอช 7.0 cysteine H_2S และ NaCN จะกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ ในขณะที่ Hg^{2+} และ Ag^{2+} จะยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ (Koh *et al.,* 2006)

โบรมิเลนเป็นเอนไซม์ที่ถูกนำไปใช้ประโยชน์อย่างมากมาย ทั้งในอุตสาหกรรมอาหารและยา คุณสมบัติของโบรมิเลนในทางการแพทย์คือ ฤทธิ์ในการต้านการอักเสบ ลดอาการบวม ต้านการแข็งตัวของเลือด ป้องกันเซลล์ที่ไม่ใช่เป้าหมายจากยาต้านมะเร็งและยาปฏิชีวนะ รวมทั้งสามารถสลายขุยที่เกิดจากแผลไฟไหม้ (Hale *et al.,* 2005) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาวิจัยถึงคุณสมบัติของโบรมิเลนและการนำโบรมิเลนไปใช้ในด้านอื่นๆ อีก เช่น

วราพันธุ์ และคณะ (2547) รายงานว่า สับปะรดพันธุ์ภูเก็ตมีค่ากิจกรรมของโบรมิเลนมากกว่าสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และยังพบว่าส่วนเนื้อของสับปะรดมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์มากที่สุด เมื่อนำไปย่อยกากถั่วเหลืองในอัตราส่วน 1:1 และ1:2 เป็นเวลา 30 60 และ 90 นาที พบว่า ที่อัตราส่วน 1:2 เป็นเวล 90 นาที มีโปรตีนที่ละลายได้ทั้งหมดในกากถั่วเหลืองสูงสุด

ณัฐวุฒิ และคณะ (2550) นำโบรมิเลนมาทำการย่อยกากถั่วเขียวในอัตราส่วนต่างๆ พบว่า การใช้โบรมิเลนร้อยละ 8 (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) ณ สภาวะย่อยที่พีเอช 6.0 อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เป็นสภาวะที่เหมาะสมในการย่อยกากถั่วเขียว ซึ่งระดับการย่อยสลายที่ได้ (degree of hydrolysis) มีค่าเท่ากับร้อยละ 10.67 และพบกรดอะมิโน 17 ชนิด โดยพบว่ามีปริมาณกรดกลูตามิกสูงสุด

รุ่งทิพย์ และสงวนศรี (2551) ศึกษาค่ากิจกรรมเอนไซม์ย่อยโปรตีนของโบรมิเลน พบว่าโบรมิเลนในเนื้อสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียมีค่ากิจกรรมลดลง เมื่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้เพิ่มขึ้น

ชนิกานต์ และคณะ (2552) ได้ศึกษาการใช้โปรติเอสในการย่อยกากถั่วเขียว พบว่าสภาวะที่เหมาะสมคือ การใช้โบรมิเลนที่ร้อยละ 18 ทำการย่อยที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง มีระดับการย่อยสลายร้อยละ 61.04

แพรวไพลิน และคณะ (2552) นำโบรมิเลนมาย่อยเห็ดนางรมร้อยละ 10 และเห็ดหอมร้อยละ15 ที่ค่าพีเอช 6.0 โดยใช้อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่ามีระดับการย่อยสลายเท่ากับร้อยละ 79.45 และ 80.14

Hrckova *et al.* (2002) รายงานว่า การใช้โบรมิเลนย่อยโปรตีนถั่วเหลืองจะทำให้โปรตีนถั่วเหลืองมีความข้นหนืดลดลงและมีคุณสมบัติการไหลดีขึ้น ทำให้เกิดการกระจายตัวดีที่ระดับการย่อยสลายร้อยละ 2 และ 4

สถาบันวิทยบริการเทคโนโลยีเกษตร

Hale *et al.* (2005) รายงานว่า โบรมิเลนที่มีความเข้มข้นมากกว่า 50 มิลลิกรัมต่อลิตร จะช่วยลดการสูญเสียค่ากิจกรรมของเอนไซม์ได้ดีกว่าโบรมิเลนที่มีการเจือจาง และจะมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์คงที่อย่างน้อย 1 สัปดาห์ และมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์ลดลงเพียงเล็กน้อยเมื่อทำการแช่แข็งและละลายซ้ำกันหลายๆ ครั้ง

Hebbar *et al.* (2008) ได้ทำการศึกษาการสกัดโบรมิเลนจากส่วนเหลือทิ้งของสับปะรดที่มาจากโรงงาน ด้วยน้ำและสารละลายฟอสเฟสบัพเฟอร์ โดยแบ่งสับปะรดที่ทำการสกัดออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่ ไส้กลางผล เปลือก จุก และ ลำต้น จากนั้นทำการตรวจสอบค่ากิจกรรมของเอนไซม์ ซึ่งพบว่า ค่ากิจกรรมของเอนไซม์ทั้งในส่วนของไส้กลางผล เปลือก จุก และลำต้นของสับปะรดที่ทำการสกัดโดยใช้สารละลายฟอสเฟสบัฟเฟอร์ ให้ค่ากิจกรรมของเอนไซม์สูงกว่าการสกัดด้วยน้ำ

Contreras *et al.* (2009) ทำการศึกษาการเติมโบรมิเลนในอาหารสัตว์ แล้วให้แพะกิน พบว่า นมแพะมีโปรตีนและไขมันเพิ่มขึ้น

Devakate *et al.* (2009) ทำการศึกษาการทำบริสุทธิ์ การทำแห้งโบรมิเลนโดยวิธีทำแห้งแบบเยือกแข็งและการทำแห้งแบบพ่นฝอย พบว่า โบรมิเลนมีค่ากิจกรรมเอนไซม์ที่เหลืออยู่ (residual activity) ร้อยละ 95 และ 78 ตามลำดับ

Ilaria *et al.* (2011) ทำการศึกษาวิจัยโดยการทำให้โปรตีนในไวน์ขาวเกิดความคงตัวโดยใช้โบรมิเลน คณะวิจัยได้ศึกษาสภาวะความเข้มข้นของเอทธานอลอยู่ในช่วงระหว่างร้อยละ 0-25 ผลการศึกษา พบว่า ปริมาณเอทธานอลที่ระดับต่ำสุดร้อยละ10 มีผลในการยับยั้งค่ากิจกรรมโบรมิเลน

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย