

## บทที่ 5

### สรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะ

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experiment Research) เพื่อผลิตไวน์แอปเปิล ผสมน้ำสับปะรดและน้ำมะนาว และศึกษาเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ ค่า pH ปริมาณของแข็งทั้งหมด และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไวน์ดังกล่าว โดยผู้วิจัยได้สรุปสาระสำคัญของการวิจัยโดยได้เสนอตามลำดับดังนี้

#### สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัยในครั้งนี้ สามารถสรุปผลได้ดังนี้

##### ตอนที่ 1 ลักษณะทางกายภาพของไวน์

เมื่อทำการบ่มไวน์ที่ได้นาน 1 สัปดาห์ กรองและดูคส่วนใสด้านบนบรรจุขวด จากการสังเกตพบว่า ไวน์จากน้ำแอปเปิลที่ได้มีสีเหลืองออกน้ำตาล มีกลิ่นแอลกอฮอล์ มีรสชาติหวานเล็กน้อย ไวน์จากน้ำแอปเปิลผสมน้ำสับปะรดที่ได้มี ลักษณะเหลืองใส มีกลิ่นแอลกอฮอล์ค่อนข้างมาก มีรสชาติฝืดและขม ไวน์จากน้ำแอปเปิลผสมน้ำมะนาวที่ได้มีสีเหลืองเข้ม มีตะกอนแขวนลอยเล็กน้อย มีรสเปรี้ยวมาก มีกลิ่นของแอลกอฮอล์ และกลิ่นหอมของมะนาว

##### ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ผลทางเคมี

- 2.1 เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์
- 2.2 ค่า pH
- 2.3 ปริมาณของแข็งที่ละลายทั้งหมด

##### 2.1 เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์

จากการทำการผลิตไวน์จากน้ำแอปเปิล ผสมน้ำสับปะรดและน้ำมะนาวโดยทำการหมักด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* ได้ติดตามการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีในช่วงการหมักวันที่ 0 – 7 มีการเปลี่ยนแปลงของเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์อย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

โดยพบว่า ไวน์แอปเปิลผสมสับปะรดในวันที่ 7 มีปริมาณแอลกอฮอล์สูงสุดเป็น  $17.17 \pm 0.29$  ส่วนการหมักไวน์จากแอปเปิลให้ปริมาณแอลกอฮอล์ต่ำสุดเป็น  $14.17 \pm 0.29$

## 2.2 ค่า pH

จากการทำการผลิตไวน์จากน้ำแอปเปิล ผสมน้ำสับปะรดและน้ำมะนาวโดยทำการหมักด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* ได้ติดตามการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีในช่วงการหมักวันที่ 0-7 มีการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรด-ด่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) โดยพบว่า ไวน์แอปเปิลผสมสับปะรดในวันที่ 7 มีค่า pH สูงสุดเป็น  $3.90 \pm 0.01$  ส่วนการหมักไวน์จากแอปเปิลผสมน้ำมะนาว มีค่า pH ต่ำสุดเป็น  $2.42 \pm 0.01$

## 2.3 ปริมาณของแข็งที่ละลายทั้งหมด

จากการทำการผลิตไวน์จากน้ำแอปเปิล ผสมน้ำสับปะรดและน้ำมะนาวโดยทำการหมักด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* ได้ติดตามการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีในช่วงการหมักวันที่ 0-7 มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณของแข็งที่ละลายทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) โดยพบว่า ไวน์แอปเปิล ในวันที่ 7 มีปริมาณของแข็งที่ละลายทั้งหมดสูงสุดเป็น  $11.60 \pm 0.20$  ส่วนการหมักไวน์จากแอปเปิลผสมน้ำสับปะรด มีปริมาณของแข็งที่ละลายทั้งหมดต่ำสุดเป็น  $9.00 \pm 0.00$

## ตอนที่ 3 การยอมรับไวน์จากเปลือกและแกนผลไม้

ไวน์จากแอปเปิลผสมสับปะรด มีคะแนนการยอมรับด้านสีและความใสค่อนข้างสูงคือ  $7.05 \pm 1.88$  และ  $7.70 \pm 0.80$  ตามลำดับ ส่วนไวน์จากแอปเปิลให้คะแนนด้านรสชาติและการยอมรับรวมสูงสุด คือ  $6.20 \pm 2.19$  และ  $6.60 \pm 1.70$  ตามลำดับ

## อภิปรายผล

ในการอภิปรายผลขอเสนอลำดับการอภิปรายผลการวิจัย ดังนี้

### ตอนที่ 1 ลักษณะทางกายภาพของไวน์

ในการเตรียมน้ำแอปเปิล ที่ทำการสกัดด้วยน้ำ ความเข้มข้นร้อยละ 50 จากการสังเกตพบว่า น้ำแอปเปิลที่ได้จะมีสีน้ำตาลเข้ม มีกลิ่นแอปเปิลเล็กน้อย มีรสชาติหวาน และมีตะกอนขุ่น น้ำ

สับปะรดที่ได้จะมีสีเหลือง มีกลิ่นหอมของสับปะรดมาก มีรสเปรี้ยว น้ำมะนาวที่ได้มีสีเหลือง มีกลิ่นหอมของมะนาว มีรสเปรี้ยวจัด

เมื่อทำการบ่มไวน์ที่ได้นาน 1 สัปดาห์ กรองและดูส่วนผสมด้านบนบรรจุขวด จากการสังเกตพบว่า ไวน์จากน้ำแอปเปิ้ลที่ได้มีสีเหลืองออกน้ำตาล มีกลิ่นแอลกอฮอล์ มีรสชาติหวานเล็กน้อย ไวน์จากน้ำแอปเปิ้ลผสมน้ำสับปะรดที่ได้มี ลักษณะเหลืองใส มีกลิ่นแอลกอฮอล์ค่อนข้างมาก มีรสชาติเฝื่อนและขม ไวน์จากน้ำแอปเปิ้ลผสมน้ำมะนาวที่ได้มีสีเหลืองเข้ม มีตะกอนแขวนลอยเล็กน้อย มีรสเปรี้ยวมาก มีกลิ่นของแอลกอฮอล์ และกลิ่นหอมของมะนาว

สีน้ำตาลที่เกิดขึ้นในหมักไวน์แอปเปิ้ล เป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในแอปเปิ้ล ซึ่งมีผลทำให้สีของแอปเปิ้ล เปลี่ยน ไปเป็นสีเหลืองอ่อน สีน้ำตาลเข้มจนถึงสีดำ อีกทั้งยังเกิดการเปลี่ยนแปลงกลิ่นรสของอาหารด้วย เช่น สีน้ำตาลที่เกิดขึ้นเมื่อปอกแอปเปิ้ลทิ้งไว้ในอากาศ การเกิดสีน้ำตาลในแอปเปิ้ล อาจเกิดจากปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (Enzymatic browning) หรือเกิดจากปฏิกิริยาที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (Non-enzymatic browning) ได้แก่ ปฏิกิริยามอลลาร์ด (Maillard reaction) ปฏิกิริยากาแลม ไลเซชัน (Caramelization) และปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation)

การเกิดสีน้ำตาลในแอปเปิ้ล เนื่องจากปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ เอนไซม์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทางชีวภาพในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต จึงมีอยู่ในเนื้อเยื่อของผัก ผลไม้หรือเนื้อสัตว์ที่ใช้เป็นอาหาร เอนไซม์ที่มีอยู่ในอาหารเหล่านี้บางชนิดทำให้อาหารมีคุณภาพดีขึ้น เช่น ทำให้ผลไม้สุก มีกลิ่นหอมและรสหวาน ทำให้เนื้อนุ่มขึ้น แต่บางชนิดทำให้อาหาร โดยเฉพาะผัก ผลไม้ มีการเปลี่ยนแปลงสี กลิ่นรส และคุณค่าทางอาหาร เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาล ที่สำคัญได้แก่ เอนไซม์ฟีนอลเอส (phenolase) พอลิฟีนอลเอส (polyphenolase) พอลิฟีนอล ออกซิเดส (polyphenol oxidase) และไทโรซิเนส (tyrosinase) เอนไซม์เหล่านี้จะทำให้สารประเภทฟีนอล ซึ่งมีอยู่ในมันฝรั่ง มันเทศ ถั่วฝักยาว แอปเปิ้ล เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล เมื่อผัก ผลไม้นั้นถูกขีดข่วน ตัก หรือปอกเปลือกให้เนื้อสัมผัสกับออกซิเจน

กลิ่นและรสของไวน์ขึ้นอยู่กับส่วนประกอบทางเคมี ไวน์เป็นสารละลายแอลกอฮอล์ที่มีน้ำตาล กรด เกลือ สารประกอบฟีนอลิก สารระเหยง่าย แต่ละชนิดมีกลิ่นรสของตัวเองซึ่งให้ผลออกมาเป็นส่วนร่วม กลิ่นและรสของไวน์เป็นการรวมกันของกลิ่นหลายกลิ่นและรสหลายรสผสม

กลมกลื่น รสที่พึงพอใจ ส่วนใหญ่เป็นการดุลกันระหว่างรสหวาน เปรี้ยว และขม กับมีรสเค็มเล็กน้อย สำหรับกลิ่นบางกลิ่นไม่รวมกับกลิ่นอื่น แยกตัวออกไปก็มี บางกลิ่นรุนแรงเป็นพิเศษ

รสหวาน มาจากน้ำตาลที่เหลือจากการหมัก ตามปกติผลองุ่นมีน้ำตาลร้อยละ 15-25 เป็น กลูโคสและฟรุกโตสในปริมาณพอๆกัน ไวน์ยังมีแอลกอฮอล์ช่วยเสริมรสหวานให้เข้มข้นขึ้น เอทานอลมีอยู่ในไวน์ประมาณร้อยละ 8-15 (โดยปริมาตร) นอกจากเอทานอล ยังมีพอลิแอลกอฮอล์ กลีเซอรอล อินอซิทอล แมนนิทอล

รสเปรี้ยว มาจากกรด ในผลองุ่นมีกรดทาร์ทาริกมากที่สุด จัดเป็นกรดจำเพาะขององุ่นและ ไวน์ยังมีกรดมาลิก กรดซิตริก ส่วนกรดที่เกิดจากการหมัก มีกรดซัคซินิก กรดแลคติก และมีกรดอื่นอีกเล็กน้อย กรดเหล่านี้ส่วนใหญ่อยู่ในสภาพกรดเสรี pH ของไวน์ราว 2.9-3.9 สภาพกรดของไวน์เป็นสิ่ง บอกรปริมาณกรดเสรี

รสเค็ม มาจากรสของเกลือของกรดแร่และกรดอินทรีย์ พวกแคทไอออนให้รสเค็ม ในไวน์ มี  $K^+$  มากที่สุด ถัดมาเป็น  $Na^+$   $Mg^{2+}$  และ  $Ca^{2+}$

รสขมและฝาด มาจากสารประกอบฟีนอลิก และสารพวกนี้เองที่ทำให้รสชาติของไวน์แดง กับไวน์ขาวต่างกัน สารพวกนี้ได้แก่ แอนโทไซยานิน และฟลาโวน ที่สำคัญคือ แทนนิน ซึ่งมีในเปลือก เมล็ด และก้าน ในไวน์แดงจะมีสารพวกนี้มาก

#### สาเหตุและปัญหาไวน์ผลไม้ไม่คงตัว

สาเหตุหลักที่ทำให้ไวน์ผลไม้ไม่มีความขุ่น ไมใส มีสีที่ไม่พึงประสงค์ และมีแนวโน้มที่จะเกิด ตะกอนภายหลัง อาจมีสาเหตุจากปัจจัยต่างๆดังนี้

- 1) โพลีแซคคาไรด์เช่น แป้ง (ซึ่งมักจะมาจากการใช้ผลไม้ที่ไม่สุก) เพคติน และกัม
- 2) โปรตีน ขึ้นกับสายพันธุ์องุ่นหรือผลไม้ที่ใช้
- 3) สารประกอบโพลีเมอร์ของฟีนอล
- 4) อนุภาคโลหะหนักที่มีมากเกินไป เช่น เหล็ก และทองแดง
- 5) การมีความเข้มข้นของกรดทาร์ทาริก แคลเซียม และ โบแตสเซียมที่สูงเกินไป

6) เศษชิ้นเนื้อของผลไม้หรือวัตถุดิบที่ใช้หมักผลไม้

7) เศษของจุลินทรีย์ เช่น ยีสต์ และแบคทีเรีย

## ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ผลทางเคมี

เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ ค่า pH และ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด จากการหมักไวน์จากแอปเปิล แอปเปิลผสมมะนาว และแอปเปิลผสมสับปะรด ในช่วงวันที่ 0 ถึง 7 พบว่าองค์ประกอบทางเคมีของไวน์เปลี่ยนแปลง โดยพบว่าเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์เพิ่มขึ้นในวันที่ 7 ในทุกตัวอย่าง โดยมีเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์อยู่ในช่วง 14-17 เนื่องจากเริ่มต้นในน้ำหมักมีสารอาหารต่างๆ อย่างเพียงพอ มีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม หลังจากนั้นเมื่อเกิดการหมัก สภาพแวดล้อมจะเป็นกรดมากขึ้น สารอาหารต่างๆลดลง และปริมาณแอลกอฮอล์ที่เกิดขึ้นจากเชื้อยีสต์ จะทำให้การหมักลดลง ทำให้การเพิ่มของปริมาณแอลกอฮอล์เกิดช้าลง และคงที่ในที่สุด (ตารางที่ 4.1) ค่า pH ระหว่างการหมักจะมีการเปลี่ยนแปลงลดลง ค่า pH ที่ลดลงนี้เกิดจากกระบวนการหมักมีการสร้างกรดเกิดขึ้น แต่ค่า pH ระหว่างการหมักนี้จะไม่เปลี่ยนแปลงมากถ้าค่า pH เปลี่ยนแปลงมากอาจแสดงถึงการปนเปื้อนของแบคทีเรีย แต่อย่างไรจะเห็นได้ว่าการหมักวันที่ 7 ค่า pH ของทุกตัวอย่างจะอยู่ประมาณ 3 ซึ่งเป็นสภาพที่ยังเหมาะกับการหมักไวน์ ยกเว้นไวน์แอปเปิลผสมมะนาว ซึ่งมีค่า pH เริ่มต้นค่อนข้างต่ำ คือมีค่า pH เท่ากับ 2.30 ซึ่งโดยทั่วไปควรมีการปรับ pH ให้อยู่ในช่วง 3.0-4.5 เพราะในช่วงแรกของการหมักเชื้อยีสต์ใช้น้ำตาลในการสร้างเอทิลแอลกอฮอล์ จะเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งส่วนหนึ่งจะละลายน้ำให้ กรดคาร์บอนิก นอกจากนี้ในการหายใจแบบใช้ออกซิเจน เชื้อยีสต์ยังสร้างและปลดปล่อยกรดต่างๆที่เกิดขึ้นภายในวัฏจักรเครบ์ ออกสู่น้ำหมัก เช่น กรดซัคซินิก กรดฟูมาริกและกรดมาลิก แต่กรดมาลิกจะถูกนำกลับไปใช้โดยยีสต์ได้อีก กรดต่างๆเหล่านี้มีผลทำให้ pH ของน้ำหมักลดลง เมื่อน้ำหมักมี pH เริ่มต้นต่ำ pH ในระหว่างการหมัก และ pH สุดท้ายของน้ำหมักก็จะต่ำด้วย ในระหว่างการหมักจะพยายามปรับให้น้ำหมักมี pH ที่เหมาะสม ให้ pH อยู่ในช่วงแคบๆเพื่อให้การหมักมีประสิทธิภาพ ในช่วง pH 3.0-4.0 กรดทาร์ทาริก และกรดมาลิก จะทำให้น้ำหมักมีความเป็นบัฟเฟอร์ที่ดี มีการเปลี่ยนแปลง pH ไม่มาก เนื่องจากเกิด buffer capacity ขึ้นในระหว่างการหมัก (ตารางที่ 4.2) ส่วนค่าความหวานซึ่งแสดงในรูป Total soluble solid มีแนวโน้มลดลงในช่วงระยะเวลาการหมัก แสดงให้เห็นว่ายีสต์มีการใช้น้ำตาล ในช่วงการหมักวันที่ 7 ค่าของความหวานอยู่ในช่วง 9-12 องศาบริกซ์ ทำให้อาหารที่ได้มีความหวานเล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องจากยีสต์เริ่มมีการเปลี่ยนน้ำตาลซูโครสให้

เป็นน้ำตาลกลูโคสมาใช้ โดยใช้น้ำตาลเป็นแหล่งคาร์บอนและแหล่งพลังงานในการเจริญเติบโต โดย น้ำตาลที่ใช้เป็นแหล่งคาร์บอนนี้จะเข้าสู่ glycolysis pathway และผลิตเอนไซม์ alcohol dehydrogenase ซึ่งเปลี่ยน acetaldehyde ให้เป็น ethanol

### ตอนที่ 3 การยอมรับ

ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับรวมไวน์แอปเปิล และไวน์แอปเปิลผสมสับปะรด ก่อนไปทางชอบปานกลาง (ตารางที่ 4.4) ยกเว้นไวน์แอปเปิลผสมมะนาวจะได้คะแนนการยอมรับ รวมก่อนไปทางไม่ชอบเล็กน้อย ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการยอมรับด้านรสชาติ ที่ได้คะแนนน้อย เนื่องจากรสชาติของไวน์แอปเปิลผสมมะนาวค่อนข้างเปรี้ยวและขม เนื่องจากมะนาวมีกรดซิตริก ค่อนข้างสูง ทำให้มีรสเปรี้ยวจัด และสารลิโมนิน ซึ่งเป็นสารที่ทำให้เกิดรสขม ในน้ำผลไม้ตระกูลส้ม

#### ข้อเสนอแนะ

1. จากงานวิจัยพบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับไวน์แอปเปิลมากที่สุด ดังนั้นควรพัฒนาคุณภาพให้ดีขึ้น เช่น พัฒนาเรื่องความใส การศึกษาปริมาณยีสต์ที่เหมาะสม หรือการนำน้ำผึ้งมาใช้แทนน้ำตาลทราย เป็นต้น
2. การผลิตไวน์แอปเปิลผสมมะนาว ควรมีการปรับค่า pH ให้สูงขึ้น โดยการใช้ปูนใสปรับ pH เพื่อให้ pH อยู่ในช่วงระหว่าง 3.0-4.5