รายงานการวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย ไวน์ลูกหนามแดง (มะม่วงหาวมะนาวโห่)

Wine Karanda (*Carissa carandas* Linn)

คณะผู้วิจัย

รุ่งทิวา วงค์ไพศาลฤทธิ์

ดวงทิพย์ ศรีตาแสน

โครงการวิจัยทุนสนับสนุนงานวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

งบประมาณผลประโยชน์ ปี พ.ศ. 2551

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

663.2
เลขที่ 32427 i
เลขทะเบียน
วัน เดือน ปี

ABSTRACT

This research aimed to studies wine making from Nam Daeng juice (*Carissa carandas* L.), quality of Num Daeng juice, the suitable proportion between water and Nam Daeng juice and to analyze quality of the red wine. The Num Daeng juice had pH 2.8±0.2, total soluble solid 8±0.4 °Brix, total phenolic compounds 38.439±0.011 mg /100 ml juice, no vitamin C was found in the juice. Then red wine was made from Nam Daeng juice using 3 ratios of Num Daeng juice to water : 20%, 25% and 30% by weight along with pulp. After fermentation completion, the red wine was tested for preference. The sample which highest score of preference was analyzed for %alcohol quantity, total soluble solid, pH and %acidity (as citric acid). The results were as followed : the red wine with 25% of Num Daeng juice gained highest score of preference($p>0.05$) due to clearness, body and flavor, 12%alcohol quantity, total soluble solid 14 °Brix, pH 2.5 and 0.56%acidity (as citric acid).

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากรรมวิธีการผลิตไวน์จากลูกหนามแดง โดยทำการศึกษาคุณภาพของน้ำคั้นที่ได้จากผลลูกหนามแดง อัตราส่วนระหว่างน้ำกับลูกหนามแดงที่เหมาะสมต่อการผลิตไวน์หนามแดง และวิเคราะห์สมบัติของไวน์ พบว่าน้ำลูกหนามแดงมี pH 2.8±0.2 ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 8±0.4 °Brix สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 38.439±0.011 mg/100 ml และไม่พบปริมาณวิตามินซี จากนั้นนำน้ำลูกหนามแดงมาผลิตไวน์โดยใช้อัตราส่วนระหว่างน้ำกับลูกหนามแดงโดยแปรเป็น 3 ระดับ คือ น้ำลูกหนามแดง 20% 25% และ30% ของน้ำหนักน้ำ ทำการหมักโดยหมักทั้งเปลือก หลังจากนั้นทำการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส นำตัวอย่างที่ได้รับคะแนนสูงสุดมาวิเคราะห์ ปริมาณแอลกอฮอล์ ความเข้มข้นของน้ำตาล ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) และปริมาณกรดที่ ไตเตรทได้ทั้งหมด พบว่า ปริมาณน้ำลูกหนามแดง 25% ของน้ำหนักน้ำ ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับด้านความใส การอยู่ตัว รสชาติมากที่สุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) และพบว่า ไวน์ที่ผลิตได้มีปริมาณแอลกอฮอล์ 12% ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 14 °Brix pH เท่ากับ 2.5 และมี % Acidity (as citric acid) เท่ากับ 0.56

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนการวิจัยจากกมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ งบผลประโยชน์ปี 2551 ขอขอบคุณศิรประภา พุ่มสาหร่าย ณัฏฐิณี เลาห์ปิยะวิสุทธิ์ และรัศมี แสงอรุณ นักศึกษาสาขาอาหารและโภชนาการ - พัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ให้ความช่วยเหลือจนงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ผู้วิจัย

21 พฤษภาคม 2551

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....i
บทคัดย่อภาษาไทย.....ii
กิตติกรรมประกาศ.....iii
สารบัญ.....iv
สารบัญภาพ.....v
สารบัญตาราง.....vii
บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ความสำคัญของปัญหา.....1
1.2 วัตถุประสงค์.....2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....2
บทที่ 2 เอกสารและงานที่เกี่ยวข้อง.....3
2.1 หนามแดง.....3
2.2 สารประกอบฟีนอล.....4
2.3 ไวน์.....13
บทที่ 3 วิธีดำเนินงาน.....37
3.1 วัตถุดิบ.....37
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์.....37
3.3 สถานที่ในการทดลองและเก็บข้อมูล.....39
3.4 ระเบียบวิธีวิจัย.....40
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์.....59
4.1 ผลการศึกษากรรมวิธีการผลิตไวน์ลูกหนามแดง(มะม่วงหาวมะนาวโห่).....59
4.2 ผลการศึกษาอัตราส่วนระหว่างน้ำกับลูกหนามแดงที่เหมาะสมต่อการผลิตไวน์ลูกหนามแดง.....60
4.3ผลการวิเคราะห์สมบัติของไวน์ลูกหนามแดง.....63
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....75
บรรณานุกรม.....76

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 ลักษณะของลูกหนามแดงและดอกหนามแดง.....3

3.1 กรรมวิธีการผลิตไวน์หนามแดง.....45

3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตไวน์หนามแดง.....48

3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการไตเตรทหา %acidity.....49

3.4 pH meter.....49

3.5 Hand Refractometer.....50

3.6 เครื่องวัด %alcohol 50

3.7 spectrophotimeter.....51

3.8 เครื่องวัดสี.....51

3.9 การนำลูกหนามแดงที่แช่แข็งออกมาละลาย.....52

3.10 การล้างทำความสะอาดลูกหนามแดง.....52

3.11 การคว้านเม็ด.....53

3.12 การปั่นลูกหนามแดงที่คว้านเม็ดแล้วให้ละเอียด.....53

3.13 การกรองเพื่อแยกน้ำลูกหนามแดง และกาก.....54

3.14 น้ำคั้นลูกหนามแดง และกาก.....54

3.15 การใส่น้ำตาล และแอมโมเนียมซัลเฟต ลงในน้ำลูกหนามแดง.....55

3.16 การเขี่ยเชื้อเพื่อเตรียมกล้าเชื้อยีสต์.....55

3.17 การหมักไวน์ที่อุณหภูมิห้อง.....56

3.18 การทำให้ไวน์อยู่ตัวด้วยความเย็น.....56

3.19 การลักน้ำเพื่อแยกตะกอนออกจากไวน์.....57

3.20 การกรองไวน์.....57

3.21 การบรรจุขวด.....58

3.22 ผลิตภัณฑ์ไวน์ที่บรรจุเสร็จ.....58

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ		หน้า
4.1	กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงแอลกอฮอล์ระหว่างการหมัก	63
4.2	กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของน้ำตาลระหว่างการหมัก	64
4.3	กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด – เบส (pH)	65
4.4	กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ทั้งหมด	66
4.5	กราฟมาตรฐานของกรดแกลลิกสำหรับใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในไวน์หนามแดง	67
4.6	กราฟแสดงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในไวน์หนามแดง	68
4.7	กราฟแสดงค่าความเข้มสีในไวน์หนามแดง	72
4.8	กราฟแสดงปริมาณสีพอลีเมอริคในไวน์หนามแดง	73
4.9	ผลิตภัณฑ์ไวน์หนามแดง	73

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ปริมาณสารประกอบฟีนอลในอาหารและเครื่องดื่มชนิดต่าง ๆ ที่ได้จากพืช.....5

2.2 ชนิดและปริมาณสารประกอบฟีนอลในส่วนต่าง ๆของพืช.....9

2.3 บทบาทของสารประกอบฟีนอลต่อการเกิดโรคมะเร็ง.....12

4.1 คุณภาพของน้ำคั้นที่ได้จากผลลูกหนามแดง.....59

4.2 คะแนนเฉลี่ยทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไวน์หนามแดง 3 สูตร.....61

4.3 ผลของระยะเวลาการในการหมักและบ่มต่อคุณภาพของไวน์หนามแดง.....70

4.4 ผลของระยะเวลาการในการหมักและบ่มต่อค่าสีของไวน์หนามแดง.....71

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญ ที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ไวน์เป็นเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ชนิดหนึ่ง ซึ่งผลิตจากการหมักผลไม้ด้วยเชื้อยีสต์ในสภาวะที่ไม่มีอากาศซึ่งยีสต์จะเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์ ทำให้ได้เครื่องดื่มที่มีรสชาติแปลกออกไป ไวน์มีปริมาณแอลกอฮอล์ต่ำ มีรสเปรี้ยวเล็กน้อย อาจมีหรือไม่มีรสหวานก็ได้ มีกลิ่นหอมจากผลไม้ชนิดนั้น ๆ และกลิ่นหอมที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมีตามธรรมชาติ ทำให้ไวน์แตกต่างจากเหล้าหรือเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์อื่น ๆ การดื่มไวน์เช่นไวน์แดงในปริมาณที่พอเหมาะจะช่วยป้องกันโรคบางอย่าง และส่งเสริมสุขภาพให้ดีขึ้น เช่น ป้องกันการเป็นโรคหัวใจ และป้องกันไข้หวัด (เกียรติศักดิ์ พลสงคราม, 2547) คนโบราณนิยมดื่มไวน์ที่มีน้ำตาลผสมเครื่องเทศสมุนไพรจากรากไม้ เปลือกดอกไม้ เมล็ดพืช เป็นเครื่องปรุงแต่งกลิ่นรสและกลิ่นให้หอมชวนดมและดื่ม ไวน์ทำจากน้ำผลไม้หลากหลายสายพันธุ์ เช่น มะยม มะเฟือง มะเกี๋ยง และลูกหม่อนเป็นต้น ไวน์เหล่านี้ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคเนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีรสชาติที่ดีและมีราคาไม่แพง เมื่อเทียบกับไวน์จากต่างประเทศ

ประเทศไทยมีผักและผลไม้พื้นเมืองหลายชนิดไม้ที่สามารถบริโภคได้ทั้งผลสด หรือนำมาถนอมอาหารโดยวิธีต่าง ๆ ลูกหนามแดงก็จัดเป็นผลไม้โบราณพื้นเมืองชนิดหนึ่งผลจะสุกและเก็บเกี่ยวได้ตลอดทั้งปีแต่จะมีมากใช่ช่วงประมาณเดือนพฤษภาคม - กรกฎาคม ในต้นหนึ่งจะให้ผลผลิตจำนวนมาก ด้วยเหตุนี้จึงเป็นที่น่าสนใจที่จะนำเอาลูกหนามแดงมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น นำมากวน แช่อิ่ม เชื่อมหรือนำมาหยีซึ่งกำลังเป็นผลิตภัณฑ์ตัวใหม่ที่น่าสนใจของจังหวัดอ่างทอง ผลิตภัณฑ์แยม เป็นต้น ซึ่งปัจจุบันผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ยังไม่เป็นที่รู้จักมากนัก ดังนั้นจึงได้ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไวน์หนามแดงซึ่งมีความเหมาะสมแก่การนำมาแปรรูปเพื่อผลิตเป็นไวน์แดงซึ่งนอกจากจะมีสีสันที่สวยงามแล้วยังได้ประโยชน์จากผลลูกหนามแดงที่นำมาหมัก และเป็นการส่งเสริมการปลูกไม้โบราณซึ่งใกล้จะสูญพันธุ์ และสามารถเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบ เพิ่มรายได้แก่ประชาชนในชุมชน และช่วยให้คนสมัยใหม่รู้จักไม้โบราณอย่างต้นหนามแดงมากยิ่งขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 ศึกษากรรมวิธีการผลิตไวน์ลูกหนามแดง(มะม่วงหาวมะนาวโห่)

1.2.2 ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อไวน์ลูกหนามแดง(มะม่วงหาวมะนาวโห่)

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไวน์ลูกหนามแดง (มะม่วงหาวมะนาวโห่) โดยทำการคัดเลือกลูกหนามแดง (มะม่วงหาวมะนาวโห่) ที่มีขนาดของผลและสีที่เท่ากัน แล้วนำมาทำศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของลูกหนามแดง : น้ำ ในการทำไวน์ลูกหนามแดง แล้วทำการทดสอบชิมที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน ให้คะแนนแบบ 9 Point Hedonic Scale วางแผนการทดสอบแบบ CRD วิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้ตาราง ANOVA เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD (Least significant Different)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้ผลิตภัณฑ์ไวน์ลูกหนามแดงพร้อมดื่ม (มะม่วงหาวมะนาวโห่) ที่เป็นที่ยอมรับของกลุ่มผู้บริโภค

1.4.2 เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในปัจจุบันที่ชอบดื่มไวน์

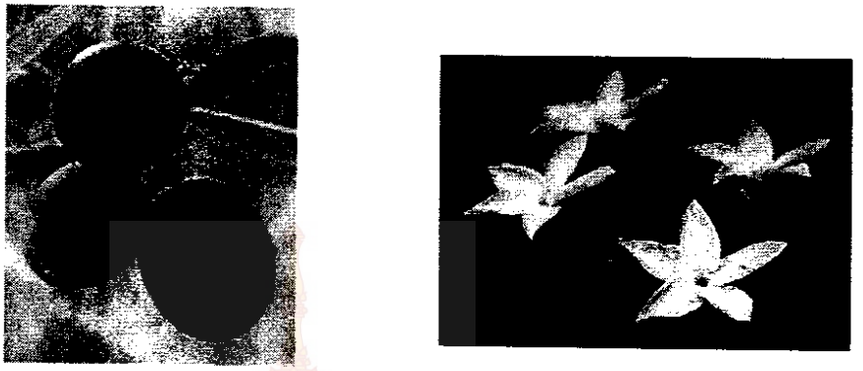
1.4.3 เป็นข้อมูลพื้นฐานในการผลิตผลิตภัณฑ์ไวน์ลูกหนามแดง (มะม่วงหาวมะนาวโห่) ในระดับอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หนามแดง (Nam Daeng)

ชื่ออื่น : มะนาวไม่รู้โห่ (ภาคกลาง) หนามขี้แฮด (ภาคเหนือ) มะนาวโห่ (ภาคใต้)



(ก) (ข)

ภาพที่ 2.1 (ก) ลักษณะของลูกหนามแดง (ข) ดอกของต้นหนามแดง

ที่มา : เอื้อมพร วีสมหมาย (ม.ป.ป.)

ลักษณะทางพฤษศาสตร์

ลำต้น : เป็นไม้พุ่ม สูงประมาณ 2-3 เมตร เปลือกลำต้นสีน้ำตาลเข้ม แตกเป็นริ้วตามกิ่งก้านและลำต้นเป็นหนามแหลม มียางสีขาว

ใบ : เป็นใบเดี่ยว ออกตรงข้ามกัน ใบรูปรีเกือบกลม ปลายใบเว้าเล็กน้อย โคนใบมนเว้าเข้าหาก้านใบ หลังใบและท้องใบเรียบ ใบอ่อนมีสีแดง ก้านใบสั้น

ดอก : ออกเป็นช่อ ออกตามซอกใบใกล้ปลายยอด ดอกย่อยสีขาว กลีบมี 5 กลีบ ปลายกลีบดอกแหลม โคนกลีบดอกเชื่อมติดกันเป็นหลอด ก้านชูดอกสีเข้ม

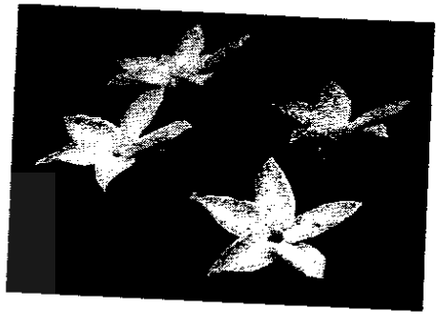
ผล : รูปทรงกลมรี ผิวเรียบ ผลอ่อนสีขาว ผลแก่เป็นสีชมพูจนเป็นสีแดงเข้มจนเกือบดำ เมล็ดแบนมี 6 เมล็ด

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หนามแดง (Nam Daeng)

ชื่ออื่น : มะนาวไม่รู้โห่ (ภาคกลาง) หนามขี้แฮด (ภาคเหนือ) มะนาวโห่ (ภาคใต้)

(ก)



(ข)

ภาพที่ 2.1 (ก) ลักษณะของลูกหนามแดง (ข) ดอกของต้นหนามแดง
ที่มา : เอื้อมพร วีสมหมาย (ม.ป.ป.)

ลักษณะทางพฤษศาสตร์

ลำต้น : เป็นไม้พุ่ม สูงประมาณ 2-3 เมตร เปลือกลำต้นสีน้ำตาลเข้ม แตกเป็นริ้วตามกิ่งก้านและลำต้นเป็นหนามแหลม มียางสีขาว

ใบ : เป็นใบเดี่ยว ออกตรงข้ามกัน ใบรูปรีเกือบกลม ปลายใบเว้าเล็กน้อย โคนใบมนเว้าเข้าหาก้านใบ หลังใบและท้องใบเรียบ ใบอ่อนมีสีแดง ก้านใบสั้น

ดอก : ออกเป็นช่อ ออกตามซอกใบใกล้ปลายยอด ดอกย่อยสีขาว กลีบมี 5 กลีบ ปลายกลีบดอกแหลม โคนกลีบดอกเชื่อมติดกันเป็นหลอด ก้านชูดอกสีเข้ม

ผล : รูปทรงกลมรี ผิวเรียบ ผลอ่อนสีขาว ผลแก่เป็นสีชมพูจนเป็นสีแดงเข้มจนเกือบดำ เมล็ดแบนมี 6 เมล็ด

ประโยชน์ : *ใบ* ใช้ใบสดต้มเอาน้ำดื่ม แก้ท้องร่วง แก้ปวดหู แก้เจ็บคอ แก้เจ็บปาก แก้ไข้

เนื้อไม้ เป็นยาบำรุงธาตุ บำรุงไขมันในร่างกายให้แข็งแรงแก้อ่อนเพลีย

ผล ทั้งผลสุกและดิบกินแก้เลือดออกตามไรฟัน เป็นยาฝาดสมาน

รากสด ต้มเอาน้ำดื่ม เป็นยาขับพยาธิ บำรุงธาตุ เจริญอาหาร บำรุงกระเพาะอาหาร ตำให้ละเอียดผสมกับสุรา นำมาทาแล้วพอกแก้คัน ใช้พอกบาดแผล (นิจศิริ เรืองรังษี, 2547)

2.2 **สารประกอบฟีนอล** (phenolic compounds)

สารประกอบฟีนอลสามารถถูกพบได้ในอาหารและเครื่องดื่มที่ได้มาจากพืช เช่น ผัก ผลไม้ ธัญชาติต่างๆ น้ำผลไม้ ไวน์ เบียร์ ชา และกาแฟ เป็นต้น แต่จะพบในปริมาณที่แตกต่างกันออกไปในพืชต่างชนิดกันหรือแม้แต่ในพืชชนิดเดียวกันแต่มาจากสถานที่ผลิตที่แตกต่างกัน เนื่องจากการสร้างสารประกอบฟีนอลของพืชจะมีทั้งปัจจัยทางด้านพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อมเข้ามาเกี่ยวข้อง นอกจากนี้ยังพบว่า วิธีการเพาะปลูก ระดับความสุก กระบวนการแปรรูป หรือแม้แต่วิธีการเก็บรักษาก็ล้วนมีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งสิ้น

สารประกอบฟีนอลมีบทบาททั้งต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสและคุณค่าทางโภชนาการของอาหารจากพืช เนื่องจากเป็นสารประกอบที่มีรสฝาดและขม และมีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในระหว่างกระบวนการแปรรูปและการเก็บรักษาโดยจะทำให้อาหารเกิดสีน้ำตาล เกิดการพัฒนากลิ่นและมีการสูญเสียสารอาหารบางชนิดได้ ซึ่งลักษณะดังกล่าวนี้อาจเป็นสิ่งที่ต้องการในบางกรณี เช่นการผลิตชาดำหรือโกโก้ แต่อาจเป็นลักษณะที่ไม่ต้องการในบางกรณี เช่น การแปรรูปผักผลไม้ เป็นต้น

การรายงานปริมาณของสารประกอบฟีนอลในอาหารและเครื่องดื่มมีอยู่มากมาย แต่ไม่สามารถที่จะนำข้อมูลดังกล่าวมาเปรียบเทียบกันได้ เนื่องจากวิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์และความแตกต่างของสารประกอบฟีนอลในอาหารซึ่งมีความหลากหลายและแตกต่างกันออกไปตามปัจจัยต่างๆ ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว อีกทั้งยังมีสารประกอบฟีนอลอีกมากที่ยังไม่ถูกบ่งชี้อย่างชัดเจน ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณสารประกอบฟีนอลในอาหารยังไม่มีความสมบูรณ์เพียงพอและในบางครั้งยังสามารถพบว่า มีความขัดแย้งกันเองเกิดขึ้นได้อีกด้วยอย่างไรก็ตามในที่นี้จะขอแสดงตัวอย่างของผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลในอาหารและเครื่องดื่มชนิดต่างๆที่ได้มาจากพืชไว้ใน ตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ปริมาณสารประกอบฟีนอลในอาหารและเครื่องดื่มชนิดต่างๆ ที่ได้จากพืช

Food/ Beverage	Total Polyphenols	Food/ Beverage	Total Polyphenols
Cereals (mg/100 g dm)		Fruits (mg 100g fm)	
Barley	1200-1500	Blackcurrant	140-1200
Corn	30.9	Blueberry	135-280
Millet	590-1060	Cherry	60-90
Oats	8.7	Cowberry	128
Rice	8.6	Cranberry	77-247
Sorghum	170-10}260	Gooseberry	22-75
Wheat	22-40	Grape	50-490
		Grapefruit	50
Legumes (mg/100 g dm)		Orange	50-100
Black gram	540-1200	Peach	10-150
Chickpeas	78-230	Pear	2-25
Cowpeas	175-590	Plum	4-225
Common beans	34-280	Raspberry	37-429
Green gram	440-800	Red currant	17-20
Pigeon peas	380-1710	Strawberry	38-218
		Tomato	85-130
Nut (% dm)			
Betel nuts	26-33	Fruit juices (mg/L)	
Cashew nuts	33.7	Apple juice	2-16
Peanuts	0.04	Orange juice	370-7100
Pecan nuts	8-14		660-1000
		Beverages	
Vegetables (mg 100g fm)		Tea leaves (% dm)	
Brussels sprouts	6-15	Green	20-35
Cabbage	25	Black	22-33
Leek	20-40	Tea cup (mg/200 mL)	150-210
Onion	100-2025	Coffee beans (% dm)	0.2-10
Parsley	55-180	Coffee cup (mg/150 mL)	200-550
Celery	94	Cacao beans (% dm)	12-18
		Wine (mg/L)	
Fruits (mg 100g fm)		White	200-300
Apple	27-298	Red	1000-4000 (6500)
Apricot	30-43	Beer (mg/L)	60-100

ที่มา : Bravo (1998) อ้างโดยวิวัฒน์ (2545)

2.2.1 **เมตาบอลิซึมของสารประกอบฟีนอล**

มีผลงานวิจัยหลายชิ้นยืนยันอย่างแน่ชัดว่า สารประกอบฟีนอลที่ละลายได้จะสามารถถูกเมตาบอไลซ์ได้ในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ โดยสารประกอบฟีนอลอย่างง่ายที่อยู่ในรูปอิสระ (เช่น กรดซินนามิก(cinnamic acid) กรดคูมาริก(p-coumaric acid), กรดเฟอรูลิก (ferulic acid) , กรดคาเฟอิก(caffeic acid) และอื่นๆ) และ อะกลัยโคน(aglycones) จะสามารถถูกดูดซึมได้โดยตรงที่บริเวณผนังลำไส้เล็ก ในขณะที่ไกลโคไซด์จะต้องถูกย่อยออกเป็น อะกลัยโคนและน้ำตาลก่อนจึงจะสามารถถูกดูดซึมได้ แต่เนื่องจากในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ไม่มีเอนไซม์เบตา-ไกลโคซิเดส (β -ycosidases) เหมาะสมจึงมักไม่มีการดูดซึมที่บริเวณลำไส้เล็ก ไกลโคไซด์จึงต้องผ่านมาที่บริเวณลำไส้ใหญ่ ซึ่งมีจุลินทรีย์ต่างๆ ช่วยย่อยสลายในอยู่ในรูปของอะกลัยโคน ก่อนจึงจะมีการดูดซึมที่บริเวณส่วนปลายของลำไส้ใหญ่(colon)ได้ แต่อย่างไรก็ตามมีรายงานว่าจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่ไม่สามารถที่จะย่อยสารประกอบฟีนอลได้ทุกชนิดและตัวอย่างของสารประกอบฟีนอลที่จุลินทรีย์ไม่สามารถย่อยได้ คือ insoluble condensed tannins ซึ่งสารประกอบเหล่านี้จะถูกขับออกมาพร้อมกับอุจจาระทั้งหมด

2.2.2 **อิทธิพลของสารประกอบฟีนอลต่อการใช้ประโยชน์สารอาหารของร่างกาย**

คุณสมบัติที่เป็นที่ทราบกันดีของสารประกอบฟีนอลประการหนึ่ง คือ ความสามารถในการรวมตัว และตกตะกอนโปรตีน ซึ่งความสามารถในการรวมตัวกับโปรตีนนั้นเป็นสมบัติของสารประกอบฟีนอลทั่วไป และไม่ก่อให้เกิดปัญหาใดๆ ต่อการย่อยโปรตีนของร่างกายมนุษย์ แต่สารประกอบฟีนอลที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่ คือ ประกอบด้วยฟลาโวนอลอย่างน้อย 3 หน่วยขึ้นไปจะสามารถตกตะกอนโปรตีนได้ ทำให้โปรตีนที่ร่างกายได้รับจากอาหารอยู่ในภาพที่ไม่ละลาย การย่อยสลายโปรตีนจึงไม่สามารถเกิดขึ้นได้และสารประกอบฟีนอลโมเลกุลใหญ่เหล่านี้ยังสามารถรวมตัวกับเอ็นไซม์ต่างๆ ทำให้เอนไซม์สามารถทำงานได้น้อยลง ซึ่งจะมีผลกระทบต่อการย่อยสลายโปรตีน คาร์โบไฮเดรตและไขมัน นอกจากนี้ยังพบว่าสารประกอบฟีนอลโมเลกุลใหญ่นี้ยังสามารถรวมตัวกับโพลีแซคคาไรด์เป็นสารประกอบเชิงซ้อนซึ่งจะมีผลทำให้ร่างกายสามารถนำคาร์โบไฮเดรตไปใช้ประโยชน์ได้น้อยลง

ส่วนผลกระทบของสารประกอบฟีนอลต่อเมตาบอลิซึมของไขมันนั้นดูจะเป็นประโยชน์ต่อร่างกายมากที่สุด เนื่องจากพบว่าสารประกอบฟีนอลมีผลทำให้มีการขับไขมันออกมาพร้อมกับอุจจาระในปริมาณมากขึ้น และมีการศึกษาถึงบทบาทในการลดระดับโคเลสเตอรอลในเลือดของสัตว์ทดลองที่ถูกเลี้ยงด้วยอาหารที่มี tannin tannin acid และ tea catechin ซึ่งผลการทดลองพบว่าสามารถเพิ่มปริมาณ high-density lipoprotein (HDL) cholesterol ซึ่งเป็นโคเลสเตอรอลชนิดดี และลดปริมาณ low-density lipoprotein (LDL) cholesterol ซึ่งเป็นโคเลสเตอรอลชนิดเลวลงได้ สาเหตุที่เป็นเช่นนี้น่าจะมีผลมาจากการลดการดูดซึมโคเลสเตอรอลและเพิ่มการขับกรดน้ำดีออกจากร่างกาย ทำให้ร่างกายจำเป็นต้องใช้โคเลสเตอรอลที่มีอยู่ในการสร้างกรดน้ำดีมากขึ้น

ในกรณีของเกลือแร่ มีรายงานว่าสารประกอบฟีนอลสามารถรวมตัวกับโลหะประจุบวกเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนได้โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีของธาตุเหล็กซึ่งเป็นผลมาจาก galloyl group และ catechol groups ในโมเลกุลของสารประกอบฟีนอล จึงพบว่าสารประกอบฟีนอลในชาเขียว ชาสมุนไพร ชาดำ กาแฟ โกโก้ และไวน์ ล้วนมีผลในการลดการดูดซึมธาตุเหล็กของร่างกายทั้งสิ้น แต่อย่างไรก็ตาม มีรายงานว่าสารประกอบฟีนอลจากถั่วเหลือง ถั่วเขียว และถั่วแดงไม่มีผลต่อการดูดซึมธาตุเหล็กของร่างกาย ส่วนเกลือแร่ชนิดอื่นที่มีรายงานว่าสารประกอบฟีนอลมีบทบาทต่อการลดการดูดซึมได้แก่ ทองแดง สังกะสี โซเดียมและอะลูมิเนียมในขณะที่มีรายงานว่าสารประกอบฟีนอลไม่มีผลต่อการดูดซึมแมกนีเซียม แคลเซียม และแมงกานีส

2.2.3 คุณสมบัติการเป็นสารต้านออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอล

คุณสมบัติที่ได้รับความสนใจอย่างมากในปัจจุบันของสารประกอบฟีนอล คือ การเป็นสารต้านออกซิเดชันและสารต้านการกลายพันธุ์ (antimutagents) ซึ่งเกิดจากอนุมูลอิสระ (free radicals) และการใช้สารประกอบฟีนอลในการป้องกันโรคต่างๆโดยเฉพาะโรคหัวใจขาดเลือดและมะเร็ง โดยสารประกอบฟีนอลจะทำหน้าที่กำจัดอนุมูลอิสระและไอออนของโลหะที่สามารถเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันและโมเลกุลอื่นๆ ด้วย การให้อะตอมไฮโดรเจนแก่อนุมูลอิสระอย่างรวดเร็ว ดังปฏิกิริยาต่อไปนี้

$$ROO\bullet + PPH \longrightarrow ROOH + PP\bullet$$

$$RO\bullet + PPH \longrightarrow ROH + PP\bullet$$

เมื่อสารประกอบฟีนอลให้อะตอมไฮโดรเจนแก่อนุมูลอิสระไปแล้ว อนุมูลอิสระของสารประกอบฟีนอลจะค่อนข้างมีเสถียรภาพ ดังนั้นจึงไม่ทำปฏิกิริยากับโมเลกุลอื่นต่อไปยิ่งไปกว่านั้นอนุมูลอิสระของสารประกอบฟีนอลบางชนิดยังคงสามารถรวมตัวกับอนุมูลอิสระอื่นได้อีกด้วย จึงทำให้สารประกอบฟีนอลเหล่านั้นสามารถลดจำนวนอนุมูลอิสระลงได้ถึง2 เท่า ดังปฏิกิริยาต่อไปนี้

$$ROO\bullet + PP\bullet \longrightarrow ROOPP$$

$$RO\bullet + PP\bullet \longrightarrow ROPP$$

แต่ความสามารถในการเป็นสารต้านออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลยังขึ้นอยู่กับระบบด้วยดังนั้นการศึกษาหรือเปรียบเทียบคุณสมบัติดังกล่าวจึงจำเป็นต้องระบุรายละเอียดของระบบให้ชัดเจนโดยเฉพาะอย่างยิ่งสับสเตรทที่เป็นเป้าหมายของระบบ นอกจากนี้ยังพบว่าในภาวะที่มีสารประกอบฟีนอลความเข้มข้นสูง พีเอชสูงและมีเหล็กอยู่ด้วยนั้นสารประกอบฟีนอลอาจจะเป็นตัวเริ่มต้นของกระบวนการออกซิเดชันเสียเองได้ (Bravo(1998) อ้างโดยวิวัฒน์ , 2545)

สารประกอบฟีนอลที่ถูกพบว่ามีคุณสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชันนั้นสามารถพบได้ในส่วนต่างๆ ของพืช เช่น เมล็ด (ได้แก่ ถั่วเหลือง ถั่วลิสง เมล็ดฝ้าย มัสตาร์ด ข้าว และงา) ผล (ได้แก่ องุ่น ส้ม พริกไทยดำ และโอลีฟ) ใบ (ได้แก่ ชา และเครื่องเทศต่างๆ) และส่วนอื่นๆ (ได้แก่ มันเทศ และหัวหอม) และหนึ่งในสารประกอบฟีนอลซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชันที่เป็นที่รู้จักกันดีอยู่แล้ว คือ วิตามินอี ส่วนสารประกอบฟีนอลอื่นๆ ที่กำลังได้รับความสนใจอย่างมาก คือเฟลโวนอยด์(flavonoids) (ได้แก่ ฟลาโวน(flavones), ฟลาโวนอล(flavonols), ไอโซฟลาโวน(isoflavones), แคทิชิน(catechins), ฟลาโวโนน(flavonones) และ คาลโคน (chalcones)) และอนุพันธุ์ของกรดซินนามิก (cinnamic acid derivatives) (ได้แก่กรดคาเฟอิก (caffeic acid), กรดเฟอรูลิก(ferulic acid), กรดคาโรจินิก(chalorgenic acid) และอื่นๆ) โดยจะสามารถพบทั้งเฟลโวนอยด์และอนุพันธุ์กรดซินนามิกได้ในเกือบทุกส่วนของพืช แต่จะมีความแตกต่างกันออกไปในด้านของชนิดและปริมาณ ซึ่งอาจสรุปเป็นแนวโน้มได้ดังตารางที่ 2.2 (Pratt (1992) อ้างโดยวิวัฒน์ , 2545)

ตารางที่ 2.2 ชนิดและปริมาณของสารประกอบฟีนอลในส่วนต่างๆ ของพืช

ส่วนของพืช	ชนิดและปริมาณของสารประกอบฟีนอล
ผล	Cinnamic acids > catechins ≈ leucoanthocyanins (flavan3,4-diols) >
ใบ	flavonols
เนื้อไม้	Flavonols ≈ cinnamic acids > catechins ≈ leucoanthocyanins
เปลือกไม้	Catechins ≈ leucoanthocyanins > flavonols > cinnamic acids
	เหมือนในเนื้อไม้แต่จะปริมาณสูงกว่า

ที่มา : Pratt (1992) อ้างโดย วิวัฒน์ (2545)

จากผลการทดลองมากมาย พบว่า ทั้งเฟลโวนอยด์และอนุพันธุ์กรดซินนามิกมีสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชันที่ดีมากในอาหารที่เป็นไขมันและไขมันผสมกับน้ำและปัจจัยที่ส่งเสริมคุณสมบัติดังกล่าว คือ ตำแหน่งและจำนวนของหมู่ไฮดรอกซิลและโครงสร้างอื่นๆ ของโมเลกุล ตัวอย่างเช่น หมู่ไฮดรอกซิลของวงแหวน B ซึ่งถือเป็นปัจจัยหลักที่ใช้ในการพิจารณาความสามารถในการเป็นสารต้านออกซิเดชัน ในกรณีของเฟลโวนอยด์นั้นพบว่าหมู่ไฮดรอกซิลที่ตำแหน่ง para (C4') จะมีผลให้มีสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชันมากกว่าหมู่ไฮดรอกซิลที่ตำแหน่งออร์โธ(ortho) (C2' และ C6') ในขณะที่หมู่ไฮดรอกซิลที่ตำแหน่งเมทา(meta)จะไม่มีผลต่อสมบัติดังกล่าว นอกจากนี้หมู่ไฮดรอกซิลที่ C3 (วงแหวน A) และ 4-keto group (C=O ที่คาร์บอนตัวที่ 4 ของวงแหวน C) และ/หรือหมู่ไฮดรอกซิลที่ C5 (วงแหวน A) และ 4-keto group ในโมเลกุลของ flavonoids จะเป็นกลุ่มที่ไวต่อการทำปฏิกิริยากับโลหะซึ่งเป็นการช่วยลดการเกิดออกซิเดชันได้อีกทางหนึ่ง ส่วนหมู่ไฮดรอกซิล ของวงแหวน A ที่ตำแหน่งเมทา (C5 และ C7) และหมู่ไฮดรอกซิลที่ตำแหน่ง C3 และพันธะคู่ระหว่าง C2 และ C3 ในวงแหวน C อาจมีผลเล็กน้อยต่อคุณสมบัติการเป็นสารต้านออกซิเดชันของเฟลโวนอยด์

จากการเปรียบเทียบคุณสมบัติในการเป็นสารต้านออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลบริสุทธิ์ พบว่า catechin > myricetin = epicatechin = rutin > gallic acid > quercetin > cyaniding (Frankle (1999) อ้างโดย วิวัฒน์ , 2545)

2.2.4 ความคงตัวของสารประกอบฟีนอลในการเป็นสารต้านออกซิเดชัน

ความคงตัวของสารประกอบฟีนอลในการเป็นสารต้านออกซิเดชันจะขึ้นอยู่กับปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโมเลกุลสารประกอบฟีนอล ดังตัวอย่างต่อไปนี้ คือ

1. ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)
2. อุณหภูมิ
3. แสง
4. เอนไซม์
5. การรวมตัวกับโมเลกุลอื่นๆ

เนื่องจากOH-groupในแต่ละตำแหน่งของสารประกอบฟีนอลมีบทบาทต่อคุณสมบัติของการเป็นสารต้านออกซิเดชันดังนั้นการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดด่างซึ่งจะมีผลให้ OH-group เกิดการเปลี่ยนแปลงจึงน่าจะมีผลต่อสมบัติของการเป็นสารต้านออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลด้วยเช่นกัน (Jackman and Smith(1996) อ้างโดยวิวัฒน์ , 2545)

อุณหภูมิสูงในระหว่างการแปรรูปจะมีผลทำให้สารประกอบฟีนอลโมเลกุลเล็กๆ ระเหยกลายเป็นไอไปได้ ในขณะเฟลโวนอยด์ ซึ่งเป็นสารประกอบฟีนอลที่มีโครงสร้างแบบ C6-C3-C6 โดยมีลักษณะเป็นวงแหวน 3 วงต่อกันจะเกิดการแตกของวงแหวน C และสลายตัวต่อไปโดยวงแหวน B จะเปลี่ยนเป็นกรดคาร์บอกซิลิกและวงแหวน A จะเปลี่ยนเป็นคาร์บอกซีอัลดีไฮด์ตามลำดับ (Jackman and Smith (1996) อ้างโดยวิวัฒน์,2545) และระเหยไปพร้อมกับไอน้ำ (Kim and Smith(1992) อ้างโดยวิวัฒน์,2545)

แสงแดดเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่เร่งการสลายตัวหรือการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสารประกอบฟีนอล เช่น OH-group ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 5 ในโมเลกุลของแอนโทไซยานินจะสามารถเรืองแสง และไวต่อการสลายตัวเมื่อโดนแสงแดด นอกจากนี้แสงแดดยังเป็นปัจจัยเร่งให้เกิดการสลายตัวเนื่องจากความร้อนให้เกิดเร็วขึ้นด้วย (Jackman and Smith (1996) อ้างโดยวิวัฒน์,2545)

ในสภาพที่มีเอนไซม์ polyphenoloxidase อยู่ด้วยจะเป็นการเร่งการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบฟีนอลบางชนิดให้เกิดได้เร็วขึ้นแต่อัตราเร่งปฏิกิริยาจะแตกต่างกันออกไปเช่น Fu และคณะ (1992) อ้างโดยวิวัฒน์ , 2545) พบว่า polyphenoloxidase สามารถเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของ(-)เอพิแคทิชิน ((-)-epicatechin) ได้ดีกว่า (+) แคทิชิน ((+)-catechin)

สารประกอบฟีนอลสามารถเกิดการรวมตัวกับโมเลกุลอื่นๆ เช่น โปรตีน โพลีแซค-คาไรด์ อัลคาลอยด์และแอนโทไซยานินได้ง่ายและปฏิกิริยาอาจจะเป็นแบบสามารถผันกลับได้หรือไม่ได้นั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ในขณะที่เกิดปฏิกิริยา เช่น ออกซิเจน ไอออนโลหะ เอ็นไซม์ และกรด เป็นต้น ซึ่งจะเป็นตัวการทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสมดุลของปฏิกิริยา เช่น ทำให้สารประกอบในภาวะสมดุลรวมตัวกันและตกตะกอนแยกออกมา หรือเกิดพันธะโควาเลนท์รวมกันเป็นสารใหม่ ทำให้ปฏิกิริยาไม่สามารถผันกลับได้ (Haslam *et al.* ,1992 อ้างโดยวิวัฒน์ ,2545) หากปรากฏการณ์เหล่านี้มีผลทำให้สารประกอบฟีนอลมีการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างไปจะทำให้สารประกอบฟีนอลสูญเสียสมบัติในการเป็นสารต้านออกซิเดชันไปได้

2.2.5 บทบาทของสารประกอบฟีนอลกับการป้องกันโรคมะเร็ง

โรคมะเร็งสามารถเกิดขึ้นได้จากการที่ร่างกายได้รับสารเคมี รังสี หรือไวรัสจากสิ่งแวดล้อม สิ่งแปลกปลอมเหล่านี้จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในระดับของดีเอ็นเอ ส่งผลให้เกิดความผิดปกติของเซลล์และเนื้อเยื่อขึ้นตามลำดับ และมีรายงานว่า สารประกอบฟีนอลบางชนิดมี บทบาททั้งในด้านส่งเสริมและป้องกันมะเร็งได้ดังตัวอย่างในตารางที่ 2.3 โดยกลุ่มที่มีบทบาททั้ง 2 ด้านดังกล่าวนี้ คือสารในกลุ่มของฟีนอลและแคททิคอล (catechol) เนื่องจากในสภาพปกติสารดังกล่าวจะเข้าทำปฏิกิริยากับไนไตรท์ ทำให้ไนไตรท์หมดสภาพในการเป็นสารก่อมะเร็ง และส่วนที่เหลือจะถูกเปลี่ยนเป็นควิโนน(quinones) ซึ่งสามารถถูกกำจัดออกจากร่างกายได้ด้วยเอ็นไซม์กลูตาไธโอน ทรานส์เฟอเรส(glutathione transferase) ในกระบวนการทางกำจัดสารเคมีแปลกปลอมที่เข้ามาในร่างกาย (xenobiotic metabolism) แต่หากร่างกายได้รับฟีนอลและแคททิคอล ในปริมาณสูงมากจนระบบดังกล่าวไม่สามารถกำจัดได้หมด ควินิน(quinines) จะเข้าทำปฏิกิริยากับโปรตีนและก่อให้เกิดอนุมูลอิสระต่างๆ ซึ่งเท่ากับมีผลในการส่งเสริมให้เกิดโรคมะเร็งขึ้นได้ในขณะที่สารในกลุ่มฟีนอลิค จะมีแต่บทบาทในด้านที่เป็นประโยชน์เท่านั้น คือ จะทำหน้าที่ในการกำจัดอนุมูลอิสระ ไนไตรท์ และโลหะ นอกจากนี้ยังมีบทบาทในการต่อต้านไวรัสและช่วยส่งเสริมระบบเอ็นไซม์ต่างๆ ในกระบวนการทางกำจัดสารเคมีแปลกปลอมด้วย

ตารางที่ 2.3 บทบาทของสารประกอบฟีนอลต่อการเกิดโรคมะเร็ง

บทบาท	ตัวอย่างของสารประกอบฟีนอล
Carcinogenic	Catechol, sesamol, caffeic acid, hydroquinone, BHA
Co-carcinogenic	Catechol, caffeic acid, hydroquinone, BHA
Promoting	Phenols, BHA, BHT
Anticarcinogenic	Catechol, quercetin, ellagic acid, chlorogenic acid, BHT, BHA, caffeic acid, tannins, flavanols, other polyphenol

ที่มา : Weisburger (1992) อ้างโดย วิวัฒน์ (2545)

สำหรับกลไกในการป้องกันการเกิดโรคมะเร็งของสารประกอบฟีนอลมีลักษณะเช่นเดียวกันกับ phytochemical อื่นๆ ในพืช ซึ่ง Wattenberg (1995) และวรรณี (1999) รายงานว่าสามารถแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ คือ

1. การป้องกันการเกิดสารก่อมะเร็งและการป้องกันการดูดซับสารก่อมะเร็ง
2. การป้องกันไม่ให้สารก่อมะเร็งทำปฏิกิริยากับโมเลกุลเป้าหมาย (blocking agents)
3. การยับยั้งหรือกดการเปลี่ยนแปลงของเซลล์ที่ได้รับสารก่อมะเร็งไม่ให้เปลี่ยนเป็นเซลล์มะเร็ง (suppressing agents)

สารประกอบฟีนอลซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชันเป็นสารประกอบที่สามารถพบได้ตามธรรมชาติในพืช การนำพืชที่มีสารประกอบฟีนอลมาใช้เป็นอาหารจึงเท่ากับเป็นการเพิ่มสารต้านออกซิเดชันให้กับร่างกายด้วยวิธีหนึ่ง แต่เนื่องจากข้อมูลในด้านต่างๆ เกี่ยวกับสารประกอบฟีนอลในผักผลไม้ของไทยยังมีอยู่น้อย จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติม เพื่อส่งเสริมให้มีการใช้ประโยชน์จากผักผลไม้ของไทยในรูปแบบต่างๆ ให้กว้างขวางมากยิ่งขึ้น (วิวัฒน์ ,2545)

2.3 ไวน์

ไวน์เป็นเครื่องดื่มที่มีแหล่งแอลกอฮอล์ที่เกิดจากการหมักผลไม้ น้ำผลไม้ หรือผลผลิตการเกษตรบางชนิด เช่น ข้าว น้ำผึ้ง แป้ง เป็นต้น ด้วยเชื้อยีสต์ที่คัดเลือกแล้วมีการควบคุมการหมักและการผลิตอย่างเหมาะสม ทั้งนี้อาจเติมแอลกอฮอล์หรือสุราชนิดอื่นเพื่อให้ทีแรงแอลกอฮอล์มากขึ้นและอาจปรุงแต่งสี กลิ่น รส เพิ่มเติมด้วยก็ได้ ไวน์ที่ผลิตจากผลไม้อื่นที่ไม่ใช่องุ่นจะเรียกว่าไวน์ผลไม้ หรือเรียกชื่อผลไม้นั้น ๆ ตามด้วย เช่น ไวน์สับปะรด ไวน์สตอเบอรี่ ไวน์หม่อน เป็นต้น การผลิตไวน์เป็นศิลปะทางวิทยาศาสตร์ซึ่งรวมเอาหลักการทางเคมี และชีวเคมีเพื่อศึกษาองค์ประกอบทางอินทรีย์ รวมทั้งอนินทรีย์โดยเฉพาะเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการการเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์ กระบวนการเปลี่ยนแปลงสารประกอบอินทรีย์ไปเป็นสารให้กลิ่นและรสชาติ ไวน์แตกต่างจากเหล้าหรือเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ชนิดอื่น ๆ ตรงไวน์ทำจากน้ำผลไม้ มีปริมาณแอลกอฮอล์ต่ำ รสเปรี้ยว รสหวาน หรือไม่หวานก็ได้ มีกลิ่นหอมจากผลไม้ชนิดนั้น ๆ กลิ่นหอมที่เกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีและมีคุณประโยชน์ของน้ำผลไม้เช่น วิตามิน เกลือแร่ และแร่ธาตุต่าง ๆ (พงศ์กมล พงศ์สยาม, 2547)

2.3.1 **ประเภทของไวน์** การจำแนกชนิดของไวน์สามารถจำแนกได้หลายแบบคือ

2.3.1.1 **จำแนกตามสีของไวน์** สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

2.3.1.1.1 **ไวน์แดง** (red wine) ทำจากองุ่นแดงหรือผลไม้สีแดง ไวน์แดงจะมีสีตั้งแต่สีแดงอ่อน ๆ จนถึงสีแดงเข้ม (สีทับทิม) หรือสีม่วงเข้มซึ่งขึ้นกับประเภทขององุ่นที่นำมาทำไวน์ ไวน์แดงจะมีรสชาติ ความฝาด กลิ่น และความเข้มข้นมากกว่าไวน์ชนิดอื่น ๆ แต่หวานน้อยกว่า

2.3.1.1.2 **ไวน์ขาว** (white wine) ทำจากองุ่นเขียนหรือผลไม้อื่น สีของไวน์จะมีระดับต่าง ๆ กัน ตั้งแต่สีเหลืองซีดจนสีเหลืองทองใส ไวน์ขาวมีรสชาติอ่อน

2.3.1.1.3 **ไวน์โรเซ่** (rose **หรือ** pink wine) มักได้จากการผสมระหว่างไวน์ขาวกับไวน์แดง หรืออาจได้จากการหมักองุ่นแดงหรือผลไม้สีแดงที่ควบคุมระยะเวลาในการสกัดสีออกจากผิวของเปลือกผลองุ่นให้ต่ำกว่าปกติ ไวน์ที่ได้จะมีสีชมพูระดับที่แตกต่างกันไปตั้งแต่สีชมพูอ่อน ๆ จนถึงสีเกือบแดง มีลักษณะและรสชาติคล้ายไวน์ขาว

2.3.1.2 **จำแนกตามปริมาณแอลกอฮอล์ที่มีในไวน์** คือ

2.3.1.2.1 **เทเบิลไวน์** คือไวน์ที่มีปริมาณแอลกอฮอล์ระหว่าง 9-14%v/v และมีปริมาณก๊าซ CO_2 เพียงเล็กน้อย ซึ่งได้จากการหมักตามธรรมชาติ โดยไม่มีการเติมสิ่งหนึ่งสิ่งใดลงไป นิยมใช้ดื่มก่อนอาหารเพื่อเรียกน้ำย่อยหรือดื่มในระหว่างการรับประทานอาหาร

2.3.1.2.2 **ฟอร์ติฟายด์ไวน์** (fortified wine) คือไวน์ที่มีการเติมแอลกอฮอล์บริสุทธิ์ที่ได้จากการกลั่นเหล้าองุ่น หรือบรั่นดี (brandy) หรือเหล้าชนิดอื่น ๆ (spirits) ลงไป เพื่อเพิ่มปริมาณแอลกอฮอล์ให้สูงขึ้นประมาณ 12-24%v/v จึงสามารถเก็บได้นานกว่าเทเบิลไวน์โดยทั่วไปจะเป็นไวน์ที่มีความหวาน นิยมใช้รับประทานหลังอาหารหรือเรียกว่าเป็นไวน์ย่อยอาหาร เช่น port wine และ เชอรี่ (sherry)

2.3.1.3 **จำแนกตามปริมาณน้ำตาลที่มีอยู่ในไวน์** ซึ่งขึ้นกับมาตราฐานของแต่ละประเทศ เช่นที่ประเทศออสเตรเลีย Wine Committee of The Royal Agricultural and Horticulture Society of South Australia กำหนดว่า

2.3.1.3.1 **ไวน์ไม่หวาน** (dry wine) คือไวน์ที่มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar) ไม่เกิน 7.5 กรัมต่อลิตร

2.3.1.3.2 **ไวน์หวาน** (sweet wine) คือไวน์ที่มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ตั้งแต่ 10-200 กรัมต่อลิตรในบางแห่งจะแบ่งไวน์ตามความหวานออกเป็นหลายระดับ เช่น ไวน์ไม่หวาน ไวน์หวานเล็กน้อย (semi-dry wine) ซึ่งมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ระหว่าง 7.5-10 กรัมต่อลิตร ไวน์หวาน และไวน์หวานมาก

2.3.1.4 **จำแนกตามปริมาณก๊าซ CO_2** คือ

2.3.1.4.1 **ไวน์ไม่มีฟอง** (Still wine) คือ ไวน์ที่มีก๊าซ CO_2 เพียงเล็กน้อยซึ่งเกิดจากการหมักตามธรรมชาติ โดยทั่วไปหมายถึง table wine มีปริมาณแอลกอฮอล์ระหว่าง 9-14%v/v

2.3.1.4.2 **สปาร์คลิงไวน์** (sparkling wine) คือ ไวน์ที่มีการเติมก๊าซ CO_2 หลังการหมักหรือไวน์ที่มีการหมักซ้ำ (refermentation) ในขวดอีกครั้งหนึ่ง เช่นแชมเปญ มีความซ่าเนื่องจากมีก๊าซ CO_2 บรรจุในขวด ปกติมีแอลกอฮอล์ 10-13%v/v

2.3.1.5 **ไวน์ที่มีการเติมกลิ่นสมุนไพร**

2.3.1.5.1 **ไวน์ที่มีการเติมกลิ่นสมุนไพร** (herbs) เปลือกไม้ รากไม้ พืชต่าง ๆ เครื่องเทศ (exotic spices) หรือสารสกัดให้กลิ่น เพื่อแต่งเติมปรับปรุงสีสันและกลิ่นหอม ปรับปรุงรสชาติให้กลมกล่อมขึ้น เช่น เวอร์มูท (Vermouth) และมาตินี (matini)

2.3.1.5.2 **ไวน์ที่ไม่มีการเติมกลิ่นสมุนไพร** เครื่องเทศหรือสารสกัดให้กลิ่น

2.3.1.6 **จำแนกตามโอกาสที่ดื่ม**

2.3.1.6.1 **ไวน์ดื่มก่อนอาหาร** (aperitif wine) เป็นไวน์หวาน มีแอลกอฮอล์สูง ใช้ดื่มก่อนรับประทานอาหารเพื่อเรียกน้ำย่อย ปริมาณแอลกอฮอล์อาจสูงถึง 20%v/v ได้มาจากการเติมแอลกอฮอล์ ซึ่งอาจเติมในรูปของวิสกี้หรือบรั่นดี หรือวอดก้า (vodka) หรือเอทิลแอลกอฮอล์ชนิดทานได้ ตัวอย่างของไวน์ชนิดนี้ได้แก่ ไวน์เชอรี่

2.3.1.6.2 **ไวน์ดื่มระหว่างอาหาร** หรือดื่มพร้อมอาหาร ไวน์ชนิดนี้ส่วนมากไม่หวาน มีแอลกออฮอล์ประมาณ 9-14%v/v

2.3.1.6.3 **ไวน์ดื่มหลังอาหาร** ได้แก่ พอร์ท (port) ครีมเชอรี่ (cream sherry) โทเก (tokay) และมาลากา (malaga) (อธิชิต ชื่นชูจิตร, 2545)

2.3.2 **ประโยชน์และโทษของไวน์**

ประโยชน์

(1) ทำให้ย่อยอาหาร ดื่มก่อนอาหารเป็นการเรียกน้ำย่อย

(2) ช่วยเสริมกลิ่นรสอาหาร ใช้ดื่มควบคู่กับอาหาร หรือเติมลงในอาหารหรือหมักกับวัตถุดิบ

(3) ประโยชน์ทางการแพทย์ ต้องอยู่ในความดูแลของแพทย์ ปกติแพทย์จะให้คนไข้ดื่มไวน์วันละประมาณ 2 – 3 แก้วมาตรฐานเพื่อการรักษาหรือบรรเทาอาการของโรคบางอย่าง เช่น ดื่มเพื่อระงับอาการเจ็บปวด ช่วยขับปัสสาวะ ช่วยระงับความตื่นเต้น ช่วยรักษาโรคความดันโลหิตต่ำ ช่วยทำให้หลอดเลือดหัวใจไม่ตีบตันจึงไม่เป็นโรคหัวใจวายเป็นต้น

โทษ

เหมือนเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ทั่วไป ดื่มมากขาดสติยับยั้ง ก้าวร้าว เกิดอุบัติเหตุง่าย ดื่มมากเป็นประจำทุกวันมีโอกาสเป็นโรคตับแข็ง โรคพิษสุราเรื้อรัง (alcoholism) เป็นต้น (ประดิษฐ์ ครุวัณณา, 2546)

2.3.3 **การผลิตไวน์**

การผลิตไวน์เป็นทั้งวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ของผู้ผลิตจึงทำให้ไวน์ที่ผลิตจากที่ต่าง ๆ มีคุณภาพแตกต่างกันออกไป โดยหลักการแล้วส่วนประกอบสำคัญในการผลิตไวน์มีอยู่สี่อย่าง ได้แก่ ยีสต์ น้ำตาล น้ำและกรด เป็นต้น

2.3.3.1 **ยีสต์**

ยีสต์เป็นจุลินทรีย์เซลล์เดียวและมีขนาดเล็กมากมองด้วยตาเปล่าไม่เห็น เนื่องจากยีสต์เป็นสิ่งมีชีวิตจึงต้องอาศัยพลังงานในการดำรงชีวิต โดยยีสต์จะใช้น้ำตาลเป็นแหล่งของพลังงานและเปลี่ยนน้ำตาลเป็นเอทานอลและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยผ่านปฏิกิริยาทางชีวเคมีหลายขั้นตอน ปฏิกิริยาเหล่านี้เกิดขึ้นในสภาวะที่ไม่มีก๊าซออกซิเจน การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวนี้เรียกว่า การหมักแอลกอฮอล์ หรือเรียกสั้น ๆ ว่าการหมักซึ่งเกิดขึ้นในช่วงประมาณ 10 วัน เรียกการหมักในช่วงนี้ว่า primary fermentation อย่างไรก็ตามก๊าซออกซิเจนมีความสำคัญต่อการเจริญของยีสต์ซึ่งจำเป็นต่อการหมักในช่วงแรก ๆ และพบว่าถ้ามีก๊าซออกซิเจนเพียงพอยีสต์สามารถเพิ่มจำนวนเซลล์เป็นสิบล้านเซลล์ต่อน้ำผลไม้หนึ่งมิลลิลิตรได้ในเวลา 24 ชั่วโมง การขาดก๊าซออกซิเจนในระยะแรกจะทำให้เซลล์ยีสต์มีจำนวนน้อย การหมักจึงเกิดช้า ดังนั้น ภาชนะที่ใช้สำหรับขั้นตอน primary fermentation ควรเป็นภาชนะปากกว้าง อุณหภูมิที่

เหมาะสมในการหมักเพื่อผลิตไวน์อยู่ระหว่าง 21-24 °C ที่อุณหภูมิเช่นมากกว่า 28°C การหมักจะเกิดเร็วและมีความร้อนมากอาจจะทำให้ยีสต์ตายได้ไวน์คุณภาพไม่ดี (เกียรติศักดิ์ พลสงคราม, 2547)

2.3.3.1.1 **ลักษณะของยีสต์** Saccharomyces cerevisiae

ยีสต์ที่ใช้ในการผลิตแอลกอฮอล์โดยส่วนใหญ่จะอยู่ในสกุล *Saccharomyces* sp. ซึ่งมีหลายชนิดได้แก่ S. *cerevisiae*, S. *bayanus*, S.*carlsbergensis* และ S. *fermentati* ยีสต์เหล่านี้สามารถหมักได้อย่างรวดเร็ว ให้ปริมาณแอลกอฮอล์สูง และทนต่อสภาวะแวดล้อมเช่น ดีกรีแอลกอฮอล์ อุณหภูมิ และค่า pH นอกจากนี้ยีสต์ที่ดีควรตกตะกอนเองได้ง่ายเพื่อสะดวกต่อการทำไวน์ให้ใส ยีสต์เป็นสิ่งมีชีวิตที่สามาถอยู่ได้ทั้งในสภาพที่มีและไม่มีออกซิเจนได้ ในการหมักเริ่มต้นจะใช้ก๊าซออกซิเจนช่วยเพื่อเพิ่มอัตราการแบ่งเซลล์ (แตกหน่อ) เรียกว่า aerobic เมื่อปริมาณเซลล์มากพอระดับหนึ่งแล้วจะไม่ให้อากาศ สภาวะนี้เรียกว่า anaerobic เซลล์ก็จะเริ่มผลิตแอลกอฮอล์หากในช่วงที่มีการผลิตแอลกอฮอล์นี้เซลล์ยีสต์ได้รับออกซิเจนมาก เซลล์จะไม่ยอมผลิตแอลกอฮอล์แต่จะสร้างกรดน้ำส้มแทน หรือภาษาชาวบ้านเรียกว่าบูดนั่นเอง

หากดูเฉพาะรูปร่างของยีสต์สายพันธุ์ต่าง ๆ ด้วยกล้องจุลทรรศน์แล้วจะเห็นว่าไม่มีความแตกต่างกันมากนัก ความแตกต่างของแต่ละสายพันธุ์จะอยู่ที่ความสามารถในการผลิตแอลกอฮอล์ ความทนต่อดีกรีแอลกอฮอล์ การให้กลิ่น สี ความเร็วที่ใช้หมัก ปริมาณฟองที่เกิดขึ้นระหว่างการหมัก ปริมาณการเกิดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์และผลิตภัณฑ์อื่น ๆ เช่น แอลกอฮอล์ชนิดหนัก (isoamyl alcohol) และสารพิษต่าง ๆ การใช้ยีสต์ขนมปัง (baker's yeast) หมักแอลกอฮอล์นั้น ยีสต์ขนมปังจะใช้น้ำตาลมากแต่ให้แอลกอฮอล์ต่ำ ในขณะที่ยีสต์สำหรับทำไวน์สามารถให้แอลกอฮอล์สูงกว่าและใช้น้ำตาลน้อยกว่า นอกจากนี้ยังให้กลิ่นหอมที่ดีกว่ายีสต์ขนมปังมาก นอกจากนี้ ยีสต์ทำไวน์ยังมีคุณสมบัติในการให้สารอินทรีย์อื่น ๆ น้อยกว่ามาก ได้แก่ อัลดีไฮด์ ฟูเซลออย เอสเทอร์ เป็นต้น ซึ่งสารเหล่านี้ส่วนมากเป็นอันตรายต่อ ตับไต และทำให้เกิดอาการปวดหัวและเมาค้าง ดังนั้น จึงควรใช้ยีสต์ทำไวน์จึงจะเหมาะสมมากกว่า

โดยปกติชนิดของยีสต์ที่ใช้ในการหมักไวน์ทั่วไปมี 2 ลักษณะคือ แบบของเหลวหรืออยู่ในสารอาหารเหลว และแบบแห้งยีสต์แบบเหลวมักไม่สะดวกต่อการขนส่ง การใช้งาน และการจัดเก็บ เพราะอายุค่อนข้างสั้นและต้องเก็บในที่เย็น นอกจากนี้ยีสต์แต่ละสายพันธุ์ก็จะมีคุณสมบัติแตกต่างกันไป

2.3.3.1.2 **การเจริญของเซลล์ยีสต์สามารถแบ่งได้เป็น 4 ระยะ คือ**

(1) ระยะเริ่มต้น (lag phase) เป็นระยะที่เซลล์กำลังปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมใหม่เพื่อเริ่มการเจริญ ระยะนี้จะใช้เวลาสั้น ๆ ประมาณ 1-6 ชั่วโมง ขึ้นกับการเตรียมหัวเชื้อ ความแข็งแรงของเซลล์ ความสดใหม่ของเซลล์ และสารอาหารที่มีอยู่ในน้ำผลไม้ เป็นสำคัญ

(2) ระยะการเจริญ (log phase หรือ exponential phase) หลังระยะเริ่มต้นเสร็จสิ้นประมาณ 30 นาที เซลล์ยีสต์เริ่มแตกหน่อเพื่อเพิ่มจำนวน ระยะนี้จำนวนเซลล์จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเป็นทวีคูณหรือเพิ่มแบบค่า log ทางคณิตศาสตร์จึงเรียกระยะนี้ตามค่าคณิตศาสตร์ ปริมาณก๊าซคาร์บอนได้ออกไซด์ก็จะเพิ่มมากขึ้นจนทำให้เห็นฟองอากาศผุดขึ้นมากมาย ขณะเดียวกันเซลล์ยีสต์ก็เริ่มจับกลุ่มกันเองมากขึ้น แอลกอฮอล์จะเพิ่มปริมาณมากขึ้น

(3) ระยะคงที่ (stationary phase) เมื่อสารอาหารเริ่มหมดลง การเจริญหรือการแบ่งเซลล์จะลดน้อยลงด้วย ทำให้จำนวนเซลล์รวมค่อนข้างคงที่ ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ก็จะลดน้อยลง เซลล์ยีสต์เริ่มตกตะกอนมากขึ้น แอลกอฮอล์จะเพิ่มจนสูงสุด

(4) ระยะตาย (death phase) เป็นระยะที่เซลล์เริ่มมีการตายเกิดขึ้นตะกอนเซลล์จะมีมากขึ้น ปริมาณแอลกอฮอล์จะคงที่ ไวน์ที่ได้จะใสขึ้นเรื่อย ๆ

2.3.3.1.3 **สารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญของยีสต์**

ในการเจริญของยีสต์เพื่อสร้างแอลกอฮอล์ในสภาพปราศจากอากาศนั้น จำเป็นต้องได้รับสารอาหารต่าง ๆ เช่น แหล่งอาหารคาร์บอนที่หมักได้ (fermentable carbon source) ไนโตรเจน และ accessory factor อื่น ๆ ได้แก่ โปรแตสเซียม แมกนีเซียม เหล็ก ฟอสฟอรัส ซัลเฟต และวิตามิน เป็นต้น สารเหล่านี้จะมีในผลไม้โดยธรรมชาติในปริมาณที่แตกต่างกันไปตามชนิดของผลไม้

สารอาหารนี้จะช่วยให้เกิดการหมัก และสร้างปริมาณแอลกอฮอล์ให้สูงที่สุดที่ยีสต์จะทนได้ นอกจากนี้ยังเป็นตัวช่วยส่งเสริมให้ยีสต์มีความแข็งแรงในตอนแรกเริ่มของการหมัก ยีสต์จำเป็นต้องได้รับสารอาหารเหล่านี้ เพื่อการแบ่งเซลล์ในปริมาณที่เหมาะสมในการหมัก ถ้าผลไม้ชนิดไหนมีปริมาณสารอาหารเหล่านี้ต่ำ โดยเฉพาะผลไม้ที่มีการเจือจางด้วยน้ำมากในการเตรียมน้ำหมักจึงจำเป็นต้องเติมสารอาหารเหล่านี้ลงไป ไนโตรเจนเป็นสารอาหารหลักที่ยีสต์ต้องการ เนื่องจากการเจริญของยีสต์ต้องการสารอาหารจำพวกโปรตีนมากเพื่อใช้สร้างเซลล์ใหม่ โปรตีนจะได้จากการสังเคราะห์ภายในเซลล์ของยีสต์โดยใช้ไนโตรเจนเป็นแหล่งอาหาร

หลักโดยทั่วไปจะใช้ในรูปของ ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต (di-ammonium phosphate, DAP) เป็นแหล่งไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ซึ่งมีคุณสมบัติช่วยให้ยีสต์เจริญเร็วขึ้น โดยทั่วไปจะไม่มีการเติม DAP ในการหมักไวน์ซึ่งทำจากองุ่น ยกเว้นองุ่นบางพันธุ์ เช่น Chardonnay ซึ่งเป็นองุ่นที่มีไนโตรเจนต่ำทำให้ขบวนการเมตาบอลิซึมของยีสต์เปลี่ยนแปลง โดยจะสร้างไดซัลไฟด์แทน หากไม่เติม DAP ช่วย ไวน์ที่ได้จะมีกลิ่นไม่ดี นอกจากองุ่นแล้ว ผลไม้หลายชนิดในเมืองไทยก็ขาดไนโตรเจนเช่นกัน เพราเกษตรกรมักนิยมใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมสูง ๆ เพื่อให้ผลไม้มีรสหวาน แต่กลับไม่เหมาะกลับการทำไวน์ เพราะทำให้เกิดผลเสียที่ผลไม้นั้น ๆ ขาดไนโตรเจนและเกิดเกลือโพแทสเซียมทาร์เทรทมาก ดังนั้นก่อนการหมักการเติม DAP ในปริมาณ 0.05 – 0.1% ด้วยจะทำให้ได้ไวน์ที่มีรสชาติดีขึ้นบ้าง นอกจากนี้ยังพบว่ามียีสต์หลายสายพันธุ์สามารถใช้ก๊าซไข่เน่าเนื่องจากขาดวิตามินบี และกรดชนิด pantothenic จะทำให้ได้ไวน์ที่มีกลิ่นไม่ดีนัก (กนกอร ศรีม่วง, 2546)

2.3.3.1.4 **คุณสมบัติของยีสต์ที่เหมาะสมในการใช้หมักไวน์**

(1) หมักได้ดีที่อุณหภูมิต่ำ

(2) หมักได้แอลกอฮอล์สูง ทนต่อแอลกอฮอล์สูง

(3) หมักไวน์เสร็จแล้วตกตะกอนได้ดี ทำให้ไวน์ใสได้ง่าย

(4) ให้กลิ่นและรสดี

(5) ให้ Glycerol ในปริมาณค่อนข้างสูง

(6) ไม่ให้กลิ่นก๊าซเน่า (H_2S) หรือให้ปริมาณต่ำมาก

(7) ไม่กลายพันธุ์ (mutation) ง่าย

(8) ไม่ก่อให้เกิดฟอง (foam) มากในระหว่างการหมักไวน์

(9) ควรเป็นยีสต์เพชฌฆาต (Killer yeast)

2.3.3.2 **น้ำ**

น้ำมีความจำเป็นต่อการเจริญของสิ่งมีชีวิตทุกชนิดแม้แต่จุลินทรีย์ก็ต้องการน้ำ นอกจากนี้น้ำยังมีผลต่อคุณภาพของไวน์อีกด้วย ดังนั้นน้ำที่ใช้เป็นส่วนผสมกับน้ำผลไม้ในการผลิตไวน์จึงต้องเป็นน้ำที่สะอาดไม่มีคลอรีน ค่า pH ประมาณ 7.0-7.2 ค่าของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต้องต่ำปราศจากจุลินทรีย์และไม่มีไอออนของโลหะ โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำที่ใช้ผลิตไวน์แดงต้องไม่มีไอออนของเหล็กหรือทองแดงปนอยู่เพราะจะทำให้สีแดงของไวน์เปลี่ยนไปได้ การปรับความเข้มข้นของน้ำผลไม้ให้เหมาะสมต่อการผลิตไวน์ขึ้นอยู่กับผู้ผลิตว่าต้องการให้ไวน์มีคุณภาพอย่างไร เช่นไวน์มะม่วงใช้น้ำ 3.8 ลิตร ค่อเนื้อมะม่วง 0.9 กิโลกรัมเป็นต้น

2.3.3.3 **น้ำตาลทราย**

น้ำตาลเป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีรสหวานและละลายน้ำได้ดี น้ำตาลที่พบในน้ำผลไม้ส่วนมากเป็นกลูโคส ฟรักโตสและซูโคสเป็นต้น น้ำตาลนอกจากจะเป็นแหล่งพลังงานนของยีสต์และจะถูกเปลี่ยนเป็นแอลกอฮอล์แล้วยังทำให้ไวน์มีรสหวาน ซูโคสหรือน้ำตาลทรายเป็นแหล่งของน้ำตาลที่ใช้เติมในผลไม้ที่มีน้ำตาลอยู่น้อยนอกจากนี้อาจใช้น้ำตาลจากหล่งอื่นเช่น กลูโคสไซรัปและน้ำผึ้งเป็นยต้น น้ำผลไม้ที่มีรสหวานจะมีน้ำตาลอยู่มากจึงเหมาะแก่การผลิตไวน์เช่นน้ำองุ่นมีน้ำตาล 15.4% และน้ำผึ้งมีน้ำตาล 76.4 % เป็นต้น ความเข้มข้นของน้ำตาลใช้หน่วย °Brix และวัดโดยใช้เครื่อง hand refractometer วิ่งปกติใช้ความเข้มข้นของน้ำตาลในช่วง 20 – 25 °Brix ถ้าความเข้มข้นสูงกว่านี้ยีสต์จะไม่เจริญกลายเป็นการถนอมอาหารในน้ำผลไม้จะเป็นเท่าใดขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการผลิตไวน์ เช่น ไวน์ชนิดไม่หวานจะปรับระดับน้ำตาลในน้ำผลไม้เท่ากับ 22% และไวน์ชนิดไม่หวานเท่ากับ 25% ระดับน้ำตาล 22% จะหมักได้แอลกอฮอล์สูงสุดประมาณ 13% น้ำตาลทรายหรือกลูโคสนิยมนำมาผสมกับน้ำผลไม้เพื่อใช้ผลิตไวน์เพราะหาง่ายและราคาถูก ส่วนในระดับอุตสาหกรรมจะใช้ฟรักโทสคอร์นไซรัปหรือกลูโกสไซรัป เพราะสะดวกดี

2.3.3.4. **กรด**

กรดเป็นสารที่ละลายน้ำและจะแตกตัวไฮโดรเจนไอออน (H_3O^+) ซึ่งกรดที่พบในผลไม้นั้นส่วนมากเป็นกรดอินทรีย์และเป็นกรดอ่อน เช่น กรดซิตริก พบมากในผลไม้จำนวกส้มและมะนาว กรดทาร์ทาร์ลิกพบในองุ่น และกรดมาริกในแอปเปิ้ลเป็นต้น กรดที่พบในอาหารหมักดอง เช่นกรดอะซิติกในน้ำส้มสายชู และกรดแลกติคในโยเกิร์ต เป็นต้น เนื่องจากกรดดังกล่าวเป็นกรดอ่อน จึงแตกตัวเป็นไอออนในน้ำได้ไม่หมด ความเข้มข้นของไฮโดเนียมไอออนของสารละลายระบุในเทอมของ pH ใช้บอกสมบัติของสารละลายดังนี้ถ้าสารละลายมีค่า pH น้อยกว่า 7 แสดงว่าเป็นกรด เท่ากับ 7 เป็นกลาง และมากกว่า 7 เป็นเบส

ค่า pH มีผลต่อคุณภาพของไวน์ในด้านต่าง ๆ เช่น สี การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ความคงตัวของไวน์ทางด้านชีววิทยาและเคมี เป็นต้น น้ำผลไม้ที่จะนำมาผลิตไวน์ควรปรับค่า pH ให้อยู่ระหว่าง 3.0-3.5 เพราะที่ระดับค่า pH ประมาณ 3.0-3.4 มีข้อดีหลายอย่างเช่น ไม่มีผลต่อการหมักแอลกอฮอล์ของยีสต์ โปรตีนจะไม่ตกตะกอน แบคทีเรียจะไม่เจริญ การเกิดสีน้ำตาลจะมีน้อย และเพิ่มประสิทธิภาพของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ หลังจากการหมักไวน์แดงสิ้นสุดลงควรมีค่า pH 3.5 ซึ่งถ้าต่ำกว่า 3.2 จะทำให้ไวน์เปรี้ยวมาก นอกจากนี้หากค่า pH สูงกว่า 3.6 จะไม่เหมาะและไวน์นั้นจะเก็บไม่เก็บไว้ได้ไม่นาน

ความเป็นกรดของไวน์วัดได้ในเทอมของค่า titratable acidity หรือเรียกย่อ ๆ ว่า ค่า TA มีหน่วยเป็นกรัมต่อไวน์ 100 ml หรือ % ซึ่งเทเบิลไวน์มีค่า TA อยู่ระหว่าง 0.55 – 0.85% เช่นไวน์แดงชนิด dry มีค่า TA อยู่ระหว่าง 0.60-0.70 % และชนิดหวานอยู่ระหว่าง 0.65 – 0.80% การเพิ่มความเป็นกรดให้กับ MUST ทำได้โดยเติมกรดที่มีมากในน้ำผลไม้นั้น ๆ หรือเติม Acid blend ซึ่งเป็นส่วนผสมของกรดทาร์ทาริก กรดมาลิกและกรดซิตริกในอัตราส่วน 2:2:1 % เป็นต้น (เกียรติศักดิ์ พลสงคราม, 2547)

2.3.4 ขั้นตอนในการผลิตไวน์

การเตรียมน้ำวัตถุดิบ เป็นขั้นตอนที่สำคัญมาก ผลไม้ที่มีความสมดุลของรสเปรี้ยว รสหวาน และรสฝาดจะสามารถทำไวน์ให้มีรสกลมกล่อมได้ง่าย ผลไม้ที่นำมาทำไวน์ควรเป็นผลไม้ที่สุกงอม มีการเปลี่ยนแปลงภายในผลอย่างเต็มที่ เนื่องจากจะทำให้ไวน์มีรสดีและกลิ่นหอมของผลไม้ หากเตรียมไม่ถูกต้อง อาจได้ไวน์คุณภาพไม่ดี ไม่ได้มาตรฐานหรือมีความบกพร่อง การเตรียมประกอบด้วย

(1) คัดเลือกวัตถุดิบ วัตถุดิบต้อง มีคุณภาพดี อาจมีตำหนิบ้างแต่ต้องไม่ช้ำ ปริแตก เน่า มีเชื้อรา มีกลิ่นเปรี้ยวน้ำส้มสายชู

(2) ล้าง กำจัดสิ่งสกปรกในวัตถุดิบด้วยน้ำสะอาด

(3) กำจัดส่วนที่ไม่ต้องการ ส่วนที่ต้องการนำมาทำเป็นชิ้นเล็ก ๆ หรือบีบหรือคั้นหรือสกัดเอาน้ำ

(4) หากจำเป็นต้องเติมน้ำ ต้องเติมในปริมาณที่เหมาะสมเพื่อรักษากลิ่น รส สีและปริมาณอาหาร(nutrients) สำหรับยีสต์ที่มีในน้ำวัตถุดิบ บันทึกปริมาณน้ำวัตถุดิบ

(5) ใช้ Refractometer วัด °Brix ปรับเป็น 21-22 °Brix ด้วยน้ำตาลทรายหรือน้ำวัตถุดิบเข้มข้น ถ้าเติมน้ำผึ้งควรระวังกลิ่นน้ำผึ้งกลบกลิ่นวัตถุดิบ

สูตรการคำนวณปริมาณน้ำตาลทรายขาวที่ต้องเติมเพื่อปรับ °Brix

$$\text{ปริมาณน้ำตาลทรายขาวที่ต้องเติม (กก.)} = \frac{\text{°Brix ที่ต้องการ - °Brix เดิม x ปริมาณน้ำวัตถุดิบ (ลิตร)}}{100 - \text{°Brix ที่ต้องการ}}$$

การลด °Brix ทำโดยการเติมน้ำสะอาด แต่นิยมเติมน้ำวัตถุดิบ °Brix ต่ำ

(6) วิเคราะห์หาปริมาณกรดทั้งหมด (% TA) ถ้าจำเป็น อาจชิมดูก็ได้ ปริมาณ TA ในน้ำวัตถุดิบขึ้นกับน้ำวัตถุดิบและสไตล์ของไวน์

การยับยั้งและ/หรือจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการในน้ำวัตถุดิบ บางแห่งไม่ทำขั้นตอนนี้ นิยมให้เกิดการหมักไวน์โดยเชื้อจุลินทรีย์ตามธรรมชาติที่ติดมากับวัตถุดิบ แต่ไวน์ที่ได้มักมีคุณภาพไม่แน่นอน เป็นการเสี่ยงในการลงทุนทางธุรกิจในปัจจุบันจึงนิยมยับยั้งหรือทำลายจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการในวัตถุดิบโดยใช้

(1) ความร้อน วิธีนี้อาจทำให้เกิดการสูญเสียกลิ่นรสของผลไม้ทำให้มีคุณภาพด้อยกว่าการใช้สารเคมี ในการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนควรใช้อุณหภูมิต่ำระยะเวลาสั้น นิยมใช้อุณหภูมิ 70°C นาน 15 นาที แล้วทำให้เย็นทันที

(2) สารเคมี สารเคมีที่ใช้ต้องไม่สะสมอยู่ในน้ำวัตภุดิบต้องสลายตัวง่าย สารเคมีที่นิยมใช้คือ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์หรือ HO_2 ซึ่งเป็นก๊าซที่หาซื้อได้ยากจึงนิยมใช้เกลือซึ่งแตกตัวให้ SO_2KMS (Potassium metabisulfite = $K_2S_2O_5$) หรือ SMS (Sodium metabisulfite = $Na_2S_2O_5$) ในของเหลวที่มี pH ประมาณ 3.5 เกลือ KMS หรือ SMS จะแตกตัวได้ SO_2 ประมาณครึ่งหนึ่งโดยน้ำหนักของปริมาณเกลือที่เติมลงไป สมมุติว่าเติม KMS หรือ SMS มันจะแตกตัวที่ pH ประมาณ 3.5 ได้ SO_2 ประมาณ 100 ppm ปกติ ปริมาณของ KMS หรือที่เพียงพอในการยับยั้งหรือทำลายจุลินทรีย์ในน้ำวัตถุดิบคือ 150 – 200 ppm หลังจากเติมเกลือแล้วอย่างน้อย 6 ชั่วโมงจึงเติมกล้าเชื้อยีสต์ลงไปหมัก

การหมัก (fermentation) การหมักไวน์จะเติมเชื้อยีสต์ลงในน้ำผลไม้ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว โดยหาก (เชื้อโดยใช้ความร้อนควรรอจนน้ำผลไม้เย็น แต่หากใช้สารประกอบซัลเฟอร์หรือเกลือซัลไฟท์ควรทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง แล้วจึงเติมเชื้อยีสต์ เชื้อยีสต์ที่ใช้ในการหมักไวน์ทางการค้าจะสามารถเจริญได้ดีในสภาวะกรดสูง ทนก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ มีความสามารถในการเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์สูง และให้กลิ่นรสที่ดีซึ่งมีหลายสายพันธุ์ ได้แก่ *S.cerevisiae*, *S. cerevisiae var. burgundy*, *S. cerevisiae var. montrachet*, *S. bayanus*, *S. capensis*, และ *S. chevalieri* ในช่วงแรกของกระบวนการมหัก ระบบจะยังมีออกซิเจนที่เชื้อยีสต์จะใช้ในการเจริญเติบโตเพิ่มจำนวน หลังจากนั้นเมื่อออกซิเจนหมดยีสต์ก็จะเริ่มเปลี่ยนน้ำตาลที่มีอยู่ในน้ำผลไม้ 2 ชนิด คือ กลูโคสและฟรุกโตสให้เป็นเอทานอลโดยผ่าน Embden – Meyerhof – Parnas pathway แต่หากช่วงที่ผลิตเอทานอลยีสต์ได้รับออกซิเจนยีสต์จะสร้างคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำแทน ดังสมการ

$$C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{Enzyme จากยีสต์}} 6CO_2 + H_2O + 673\ \text{Kcal}$$

นอกจากนี้จะมีการสร้างเอทานอลแล้ว ในกระบวนการหมักยังทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสารอื่น ๆ เช่น เกิดการสกัดสี และแทนนินโดยเอทานอล เกิดกรดซิตริก (citric acid) กรดซัคซินิค (succinic acid) และกรดมาลิก (malic acid) จากกรดไพรูวิก (pyruvic acid) ที่เข้าสู่กระบวนการ Kreb's cycle

การควบคุมการหมักเป็นสิ่งที่ต้องติดตามดูแลใกล้ชิดทุกวัน ภาชนะที่ใช้หมักควรเป็นวัตถุที่แข็งแรงทนต่อกรด ต่อแอลกอฮอล์ ไม่เป็นสนิมหรือพุกร่อนรั่วซึม ทำความสะอาดได้ง่าย ถังหมักขนาดใหญ่ควรออกแบบให้เหมาะสม สามารถควบคุมอุณหภูมิของการหมักได้

การทำให้ไวน์ใส หลังจากหมักเสร็จควรถ่ายตะกอนไวน์ทิ้งเก็บไวน์อุณหภูมิต่ำ เติม KMS หรือ SMS 60-80 ppm ควรถ่ายตะกอนไวน์ทิ้ง 1-2 ครั้งภายใน 2 สัปดาห์ จากนั้นเร่งทำให้ไวน์ใสโดย

(1) การปั่นแยกตะกอน

(2) การเติมสารเพื่อตกตะกอนให้ไวน์ใส

(3) การกรองโดยใช้เครื่องกรองไวน์พร้อมไส้กรองหรือแผ่นหรองที่มีขนาดรูกรองที่เหมาะสม

การทำให้ไวน์ใสเร็วขึ้นอาจใช้วิธีการดังกล่าว 2-3 วิธีช่วยเสริมกัน ไวน์ที่ถูกทำให้ใสในขั้นตอนนี้ไม่ถือว่าเป็นไวน์ที่อยู่ตัว

การทำให้ไวน์อยู่ตัว เป็นขั้นตอนที่สำคัญขั้นตอนหนึ่งที่ผลิตไวน์ ไวน์ไม่อยู่ตัวคือการที่ไวน์เปลี่ยนแปลงด้านความใสและสี หลังจากบรรจุขวดและเก็บรักษาได้ในระยะหนึ่ง พบว่าไวน์บางขวดเมื่อตั้งอยู่ในห้องหรือแช่ในตู้เย็นระยะหนึ่งจะเกิดความขุ่นหรือเกิดผลึกสีขาวภายในขวดแสดงว่าไวน์ไม่อยู่ตัวเป็นไวน์ไม่เสียใช้ดื่มได้ แต่แสดงว่าผู้ผลิตมีเทคโนโลยีผลิตไม่ดีพอ สาเหตุหลักที่ทำให้ไวน์ไม่อยู่ตัวเนื่องจาก

(1) จุลินทรีย์ ยังมีจุลินทรีย์หลงเหลืออยู่ในไวน์ โดยเฉพาะที่ทนต่อแอลกอฮอล์และกรด สามารถใช้แอลกอฮอล์และกรดเป็นอาหารของมันได้ หากไวน์ยังมีน้ำตาลหลงเหลืออยู่จะยังมีโอกาสไม่อยู่ตัวมากขึ้น การทำให้ไวน์อยู่ตัวในปัญหานี้ทำได้โดย

1.1 ฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ด้วยความร้อน โดนปริมาณแอลกอฮอล์และคุณภาพไวน์ไม่ลดลง

1.2 กรองด้วยเครื่องกรองที่เหมาะสมเพื่อกำจัดจุลินทรีย์

(2) เคมี มีสารเคมีหลายตัวที่ทำให้ไวน์ไม่อยู่ตัวเช่น

2.1 โปรตีน โปรตีนทำให้ไวน์ไม่อยู่ตัว ไวน์จะขุ่น แก้ปัญหานี้ได้โดยตกตะกอนไวน์ด้วยเบนโทไนท์ (bentonite) หรือทำให้โปรตีนเสียสภาพธรรมชาติ (denature) ด้วยความร้อนสูง ใช้ระยะเวลาสั้นเป็นต้น

2.2 ผลึกโพแทสเซียม ผลึกจะจับเป็นแผ่นหรือเป็นแท่งเล็กมาก สีขาวใสเมื่อไวน์ได้รับความเย็นในช่วงระยะเวลาหนึ่ง เช่น เมื่อแช่ไวน์ในตู้เย็นล่วงหน้าก่อนใช้ดื่ม อาจสังเกตเห็นผลึกนี้ในขวดไวน์ แสดงว่าไวน์ไม่อยู่ตัว แก้ปัญหานี้ได้โดยก่อนบรรจุไวน์ให้ลดอุณหภูมิของไวน์ในถังที่ประมาณ -4°c เป็นเวลาอย่างน้อย 4 วัน ถ้าใช้อุณหภูมิที่ 0°c จะต้องใช้เวลานานกว่านี้ ผลึกโพแทสเซียมไบทาร์เทรต จะตกลงมาหรือเกาะที่ผนังของถังให้รีบถ่ายไวน์หรือกรองไวน์ทันที ในขณะที่ไวน์ยังมีอุณหภูมิต่ำ เพื่อกำจัดผลึกนี้ก่อนบรรจุไวน์ใส่ขวด

2.3 เม็ดสีและโลหะหนัก อาจทำให้ไวน์ไม่อยู่ตัวหากมีในปริมาณที่มากแต่ปัญหานี้พบน้อย โลหะหนักที่ก่อให้ไวน์เกิดความขุ่น (haze) ได้แก่ เหล็กและทองแดง แก้ปัญหานี้โดยการกระทำ blue fining, ion exchane เป็นต้น

การบ่ม การบ่มเป็นขั้นตอนสำคัญในการทำให้ไวน์มีคุณภาพดี รสกลมกล่อม เกิดการพัฒนากลิ่นที่สมบูรณ์ และกลิ่นหอมเสริม (bouquet) ซึ่งเกิดจากการผสมกันระหว่างแอลกอฮอล์ กรดและแทนนิน ในไวน์องุ่นนิยมบ่มในถังไม้โอ๊คเนื่องจากจะทำให้ได้กลิ่นรสของไม้ด้วย แต่ในไวน์ผลไม้ไม่จำเป็นต้องบ่มในถังไม้โอ๊ค เนื่องจากต้องการแต่กลิ่นของผลไม้และความสดของไวน์ ในระหว่างการบ่มจะเกิดปฏิกิริยาที่สำคัญ คือ oxidation, polymerization, esterification และ hydrolysis โดยจะเกิดการออกซิไดซ์ ของสารประกอบฟีนอลได้สารประกอบ peroxide จากนั้นจะทำให้เกิดการตกตะกอนของสารประกอบ peroxide ส่วนแอลกอฮอล์จะเกิดออกซิเดชั่นเป็นอัลดีไฮด์และเปลี่ยนเป็นกรด นอกจากนี้กรดบางตัวจะรวมตัวกับแอลกอฮอล์ทำให้เกิดสารประกอบเอสเทอร์ ภาชนะที่ใช้ในการบ่มไวน์ควรมีคุณสมบัติยอมให้อากาศผ่านเข้าออกได้บ้าง เช่น ไม้โอ๊ค แต่หากบ่มไวน์ในแก้วหรือถังสแตนเลสซึ่งอากาศไม่สามารถผ่านเข้าออกได้ควรทำการเปลี่ยนถ่ายไวน์ทุกเดือนเพื่อให้ไวน์ได้สัมผัสกับอากาศบ้าง

การกรองไวน์ครั้งสุดท้าย เพื่อกำจัดความขุ่นทุกชนิด ที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่าเป็นการสร้างความมั่นใจในการใสของไวน์ก่อนทำการบรรจุขวด ทำโดยการกรองด้วยเครื่องกรองแบบ sterile filtration รูแผ่นกรองหรือแท่งกรองมีขนาด 0.4 ไมครอน หรือเล็กกว่า ไวน์ที่จะกรองต้องมีความใสมาก

การบรรจุ ก่อนที่จะบรรจุไวน์ต้องมั่นใจว่ามีคุณภาพดีตามที่ต้องการ ผ่านผสม ปรุงแต่ง ใสและอยู่ตัว ขวดที่บรรจุจะต้องเป็นขวดสี อาจเป็นสีเขียวหรือสีชาแห้ง สะอาด ไม่ร้าว ควรบรรจุไวน์เต็มขวดมีที่ว่างของอากาศในขวดน้อย แทนที่อากาศในขวดด้วยก๊าซเฉื่อย เช่น CO_2 และ N_2 มี CO_2 อิสระในไวน์ประมาณ 25-30 ppm จุกไม้ก๊อกที่ปิดปากขวดไวน์ควรมีคุณภาพดี มีความยาวพอเหมาะ ฉลากไวน์มีทั้งตัวอักษรและภาพ ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของกฎหมาย ไม่โอ้อวดคุณภาพของไวน์ ควรให้ผู้บริโภคทราบว่าไวน์ขวดนั้นทำจากวัตถุดิบอะไร ปีผลิต แหล่งผลิต และสไตล์ไวน์ ความหวาน ปริมาณแอลกอฮอล์และปริมาตรบรรจุ ปัจจุบันมีบางประเทศบังคับและระบุชนิดและปริมาณของ CO_2 และสารกันบูดที่เติมบนฉลากหลังของไวน์ด้วย (จิตติมา ดำรงวัฒนา, 2547 ; พงศ์กลม พงศ์สยาม, 2547)

2.3.5 องค์ประกอบทางเคมีของไวน์

สารที่เป็นองค์ประกอบของไวน์มีหลายชนิดในปริมาณมากน้อยต่างกัน ขึ้นกับชนิดของไวน์ ซึ่งสารองค์ประกอบเหล่านี้ให้ทั้งผลดีและผลเสียต่อคุณภาพของไวน์ สารที่เป็นองค์ประกอบหลักในไวน์ได้แก่ แอลกอฮอล์ และยังมีสารในกลุ่มสารที่ระเหยได้ ที่เกิดขึ้นระหว่างขั้นตอนการหมักไวน์

2.3.5.1 เอธานอล

เอธานอล หรือเอธิลแอลกอฮอล์ มีลักษณะใส ไม่มีสี ไวไฟ มีความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 0.7939 ที่ความเข้มข้นเอธานอลร้อยละ 100 โดยปริมาตร เป็นสารที่ผลิตโดยยีสต์ ในสภาวะไร้ออกซิเจนโดยเปลี่ยนน้ำตาลส่วนใหญ่ในน้ำหนักไปเป็นเอธานอลและสารพลอยได้อื่น ๆ ที่มีความสำคัญต่อกลิ่นและรสชาติของไวน์ ขณะที่น้ำตาลบางส่วนยีสต์นำไปใช้ในการเจริญและกิจกรรมต่าง ๆ ของเซลล์

2.3.5.2 แอลกอฮอล์อื่น ๆ

2.3.5.2.1 เมธานอล

เมธานอล หรือเมธิลแอลกอฮอล์ เป็นสารที่เกิดขึ้นจากการไฮโดรไลซีสของเมธิลเพคตินที่พบเป็นองค์ประกอบในเนื้อและเปลือกผลไม้ โดยการทำงานของเอนไซม์ pectin methylesterase (PME) ความเข้มข้นของเมธานอลขึ้นอยู่กับปริมาณของเพคตินในผลไม้แต่ละชนิดและที่เติมลงไปในไวน์ ปริมาณเมธิลแอลกอฮอล์ยังขึ้นอยู่กับ degree of methylation ของเพคตินซึ่งถ้ามีต่ำจะมีผลทำให้ปริมาณเมธิลแอลกอฮอล์ในไวน์ต่ำด้วย ปริมาณเมธิลแอลกอฮอล์ในไวน์ขาวพบประมาณ 40-120 มิลลิกรัม/ลิตร ในไวน์แดงจะมีมากว่าซึ่งพบ

ปริมาณระหว่าง 120-250 มิลลิกรัม/ลิตร ถือเป็นสารพิษที่ต้องควบคุมในไวน์ เพราะถ้ามีในปริมาณที่สูงจะเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค สะสมในร่างกายได้หากได้รับเป็นประจำและติดต่อกันเป็นเวลานาน พบว่าปริมาณเมธิลแอลกอฮอล์ ตั้งแต่ 10 มิลลิลิตรขึ้นไป จะมีผลต่อร่างกายทำให้เพลีย ปวดศีรษะ คลื่นไส้ อาเจียน อาจมองไม่เห็นชั่วคราวหรือถาวร หลังจากได้รับ 2-6 วัน

2.3.5.2.2 **แอลกอฮอล์ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่** (Higher alcohol) แอลกอฮอล์อื่น ๆ เช่น fusel oil เป็นแอลกอฮอล์ที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบมากกว่า 2 อะตอม เรียกว่า Higher alcohol ในไวน์ประกอบด้วยไอโซเอมิลแอลกอฮอล์ (3 -methyl - 1 - butanol), แอคทีฟเอมิลแอลกอฮอล์ (2 - methyl - 1 - butanol), ไอโซบิวธิลแอลกอฮอล์ (2 - methyl - 1 - propanol), 2 – propanol และ n – butanol เป็นต้น แอลกอฮอล์เหล่านี้มีผลต่อกลิ่นและรสของไวน์ตามปกติแอลกอฮอล์ที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่จะมีปริมาณของไอโซเอมิลแอลกอฮอล์มากกว่าร้อยละ 50 ของแอลกอฮอล์ที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่ทั้งหมด องค์ประกอบใน table wine โดยทั่วไปพบปริมาณแอลกอฮอล์ขนาดโมเลกุลใหญ่ระหว่าง 140 ถึง 240 มิลลิกรัม/ลิตร นอกจากนี้พบในไวน์แดงมากกว่าไวน์ขาวอีกด้วย อย่างไรก็ตามปัจจัยที่มีผลต่อการผลิต ได้แก่ สายพันธุ์ยีสต์ อุณหภูมิการหมัก ระดับออกซิเจนในน้ำหนักค่า pH และสารอาหารในกาหรมัก

2.3.5.3 **สารประกอบอื่น ๆ**

2.3.5.3.1 **สารฟีนอล, พอลิฟีนอล**

โดยทั่วไปฟีนอลอยู่ในรูปของ phenic acid, phenylic acid และ oxibenzene อย่างไรก็ตาม phenol และ phenolic บางชนิด เช่น แทนนิน สามารถเรียกว่าพอลิฟีนอล พบว่า 65% ของพอลิฟีนอล ในองุ่นจะพบในส่วนของเนื้อเยื่อ 25% ผิวองุ่น 12% และน้ำองุ่น 1% สารประกอบ phenolic ให้รสฝาดและขมแก่ไวน์ ปริมาณที่พบขึ้นกับชนิดของผลไม้ การเตรียมวัตถุดิบ การหมักและการเก็บบ่มไวน์ สารประกอบพอลิฟีนอล แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ

(1) Flavonoids เป็น polymer ขนาดใหญ่ คือแทนนินนอกจากนี้มีรายงานว่าเป็นสารกลุ่ม resveratrol มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณ cholesterol ในร่างกายมนุษย์ประกอบด้วย flavan – 3 – ols เช่น catechin, epicatechin, procyanindin, flavonol เช่น myricetin, quercetin และ anthocyanin

(2) Non – flavonoids เป็นสารที่มีขนาดโมโลกุลเล็ก ๆ ที่ได้จากไวน์ที่ผ่านการเก็บบ่มในถังไม้โอ๊ค (oak) เช่น hydroxyl cinnamic acid, vanillic acid และ hydroxyl benzoic acid เป็นต้น

ไวน์แดงที่ผ่านการหมักใหม่ ๆ มักจะพบสาร phenolic ที่มีน้ำหนักโมเลกุล 1000 ถึง 2000 และไวน์มีรสฝาด แต่ไวน์แดงที่ผ่านการบ่มรสผาดของไวน์จะลดลง เนื่องจากในระหว่างการบ่มไวน์แดงจะมีปฏิกิริยาโพลีเมอรไรเซชันของสาร phenolic เช่น tannins และเกิดการตกตะกอนทำให้ปริมาณแทนนินในไวน์ลดลง ซึ่งเป็นรงควัตถุหลักที่มีผลต่อสีและคุณลักษณะของไวน์แดง ปริมาณแทนนินที่มีในไวน์จะช่วยให้แอนโทไซยานินและสีของไวน์มีความคงตัว ซึ่งการสัดสีของไวน์แดงสามารถวัดด้วยวิธีการวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 และ 520 นาโนเมตร ค่าดูดกลืนแสงที่ 520 นาโนเมตร มีความสัมพันธ์กับสีแดงที่เกิดจากเม็ดสีแอนโทไซยานิน ค่าความเข้มของสีไวน์เป็นผลรวมของค่าดูดกลืนแสงที่ 420 และ 520 นาโนเมตร ซึ่งจะบ่งชี้ความเข้มของสีแดงและค่า Hue การวัดสีไวน์ในรูปของ Hue และ color inyrnsity หรือความหนาแน่นของสีมีความสัมพันธ์โดนตรงกับองค์ประกอบของสารให้สีในไวน์

2.3.5.3.2 **อัลดีไฮด์** (Aldehyde)

อัลดีไฮด์ ที่กล่าวถึงในการผลิตไวน์ คือ อะเซทัลดีไฮด์เกิดขึ้นจากกระบวนการหมักไวน์ตามปกติความเข้มข้นของอะเซตัลดีไฮด์ ที่พบในไวน์ทั่วไปประมาณ 13 ถึง 50 มิลลิกรัม/ลิตร แต่ในบางครั้งความเข้มข้นอะเซตัลดีไฮด์ อาจสูงถึง 75-100 มิลลิกรัม/ลิตร ในไวน์ที่หมักเสร็จใหม่ ๆ อะเซทัลดีไฮด์เป็นสารให้กลิ่นที่มีความสำคัญต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส ปริมาณจะสูงเมื่อเติมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ก่อนหมัก

2.3.5.3.3 **เอสเทอร์** (Ester)

เอสเทอร์ ที่กล่าวถึงในการผลิตไวน์ คือ เอธิลอะซิเตท ที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการหมักไวน์เช่นเดียวกับ อะเซตัลดีไฮด์ เอธิลอะซิเตทมีผลต่อคุณภาพของไวน์ทางด้านประสาทสัมผัส เอธิลอะซิเตทที่ปริมาณต่ำกว่า 200 มิลลิกรัม/ลิตร จะให้กลิ่นที่น่าพอใจ ถ้าปริมาณสูงกว่านี้จะให้กลิ่นที่ไม่ดี (spoiled charactor) เอสเทอร์ แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มได้แก่

(1) **กลุ่มที่เกิดจากอะซิเตท และ เอธานอล** ประกอบด้วย เอธิลอะซิเตท ไอโซบิวธิลอะซิเตท เฮกซิลอะซิเตท และ 2 – phenethyl – acetate โดยทั่วไปในไวน์จะพบปริมาณเอธิลอะซิเตทสูงที่สุด

(2) **กลุ่มที่เป็นผลจากเอธานอล และ กรดไขมันเอสเทอร์** ในกลุ่มนี้ประกอบด้วยเอธิลเอสเทอร์ ของ hexanoic acid, octanoic acid, และ ที่ผ่านกระบวนการกลั่นปัจจัยหลักที่มีผลต่อการเกิด เอสเทอร์ ได้แก่ สายพันธุ์ยีสต์ที่ใช้ อุณหภูมิการหมักและระดับความเข้มข้นของน้ำตาลในการหมัก

2.3.5.3.4 **กรด** (acid)

กรดที่ใช้ในกระบวนการหมักไวน์ส่วนมากได้แก่ กรดทาร์ทาริก กรดมาลิก กรดแลคติก และกรดอะซีติก ตามปกติแล้วไวน์ที่มีความเข้มข้นกรดต่ำกว่า 5 กรัม/ลิตร จะได้ไวน์ที่มีความเปรี้ยวน้อย ขณะที่มีความเข้มข้นกรดสูงกว่า 8 กรัม/ลิตร ไวน์ที่ได้มีความเปรี้ยวมาก สามารถแบ่งประเภทของกรดได้คือ

(1) **กรดที่ระเหยไม่ได้** (fixed acid) เช่น กรดทาร์ทาริก ไวน์ที่มีความเข้มข้นของกรดทาร์ทาริกจะสูงมีความเปรี้ยวมาก และค่า pH ของไวน์จะต่ำ กรดทาร์ทาริก 1 กรัมต่อน้ำองุ่น 1 ลิตรจะช่วยเพิ่มความเป็นกรดรวม (titrable acid, TA) ได้ประมาณร้อยละ 0.1 ดังนั้นการใช้กรดชนิดนี้จึงต้องหาค่ากรดรวมก่อนแล้วคำนวณเสมอ ควรระมัดระวังการใช้เพราะ กรดทาร์ทาริกที่เติมลงไปอาจทำให้ไวน์ที่ได้มีผลึกเกลือโพแทสเซียมทาร์เทรทมากขึ้นตามไปด้วย

(2) **กรดที่ระเหยได้** (volatile acid) เช่น กระอะซิติก เป็นสารพลอยได้ที่เกิดขึ้นระหว่างขั้นตอนการหมักไวน์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการออกซิไดส์ (oxidized) แอลกอฮอล์ โดยแบคทีเรียที่ปนเปื้อนระหว่างกระบวนการหมักสำหรับกรดมาลิกเกิดการเปลี่ยนไปเป็นกรดแลคติก diacetyl และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่างกระบวนการ malolactic fermentation ด้วยแบคทีเรียกลุ่ม *Leuconostoc sp.* และ Lactobacillus sp. ปริมาณกรด อะซิติกที่เกิดขึ้นควรมีเล็กน้อย โดยทั่วไปน้อยกว่า 0.03 กรัม/100 มิลลิลิตร

2.3.5.3.5 **น้ำตาล** (sugar)

กลูโคสและฟรุกโตสมีความสำคัญต่อกระบวนการหมักไวน์ เนื่องจากเป็นแหล่งคาร์บอนของเชื้อยีสต์ในการเปลี่ยนเป็นแอลกอฮอล์ ส่วนน้ำตาลที่ไม่ถูกใช้ในการหมักจะเป็นพวกเพนโตส (pentose) ซึ่งมีปริมาณ 0.01-0.02 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร น้ำตาลส่วนนี้อาจทำให้เกิดสารพวกเฟอฟูราล (furfural) ในระหว่างการกลั่นและการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน และอาจทำให้จุลินทรีย์กลุ่ม Lactobacillus เจริญได้ในระหว่างการบ่ม ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ อาจจะ

เพิ่มขึ้นเล็กน้อยเนื่องจากเกิดการย่อยสลายของกลูโคไซด์ (glucoside) ปกติค่า threshold ของฟรุกโตสในไวน์อยู่ในช่วง 0.13-0.15 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร กลูโคสอยู่ในช่วง 0.40-0.44 กรัมต่อ 100มิลลิลิตร ส่วนซูโครสพบในไวน์อยู่ในช่วง 0.01-0.06 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตรน้ำตาล มีความสำคัญต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส เพราะมีรสชาติหวาน

2.3.6 ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการหมักไวน์

2.3.6.1 จุลินทรีย์ที่ใช้ในกระบวนการหมัก

ยีสต์ที่ใช้ในกระบวนการหมักไวน์ เรียกว่า "ไวน์ยีสต์ (wine yeast)" ต้องมีคุณสมบัติที่ดีที่ส่งเสริมให้กระบวนการหมักไวน์เกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว สมบรูณ์ และให้ระดับปริมาณแอลกอฮอล์สูงเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก การใช้จุลินทรีย์ในการหมักไวน์ มีวิธีการใช้ 2 วิธีหลัก

2.3.6.1.1 **ใช้จุลินทรีย์ธรรมชาติ** จุลินทรีย์หลากหลายตามธรรมชาติ ได้มีการศึกษายีสต์ในผลไม้ต่าง ๆ พบว่าในเนื้อผลไม้มียีสต์น้อย จะพบมากที่ผิวผลไม้ภายนอก โดยเฉพาะผลไม้สุกจัดหรือแก่จัด มีรสหวาน ผลไม้ที่ผิวแตกหรือช้ำ เมื่อทำการคั้นเอาน้ำผลไม้ปล่อยทิ้งไว้น้ำผลไม้จะเกิดการหมักเองโดยจุลินทรีย์ที่ติดมากับผลไม้ จุลินทรีย์ในอากาศและจุลินทรีย์ที่อยู่บนผิวภาชนะต่าง ๆ ที่ใช้ในการเตรียมน้ำผลไม้หรือภาชนะที่ใช้หมัก ในระหว่างการหมักจะพบประชากรทั้งยีสต์และแบคทีเรีย Briones et al (1994) ได้ทำการศึกษายีสต์จากน้ำหนักองุ่นโดยการจำแนกความแตกต่างจากยีสต์สายพันธุ์ *Saccharomyces cerevisiae* พบ 392 สายพันธุ์ จุลินทรีย์ที่มักพบช่วงแรก ๆ ของการหมักคือยีสต์ในสายพันธุ์ *kloeckera aqiculata* รวมทั้งที่อยู่ในรูปของสปอร์ *Hanseniaspora guilliermondii* และ *Hanseniaspora uvarum* และยังพบ *Candida pulcherrima* ยีสต์เหล่านี้มีลักษณะทนต่อแอลกอฮอล์ได้แค่ 5-7 % ดังนั้นเมื่อกระบวนการหมักดำเนินต่อไปและมีแอลกอฮอล์สูงขึ้น ยีสต์เหล่านี้ก็จะตายไป โดยมียีสต์อื่นที่สามารถทนต่อแอลกอฮอล์ในปริมาณสูงเจริญขึ้นมาแทนซึ่ง ได้แก่ *Saccharomyces rosei* และ *Saccharomyces cerevisiae* อย่างไรก็ตามชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์เหล่านี้ไม่แน่นอน แตกต่างตามสภาวะแวดล้อม อุณหภูมิและความชื้น เป็นต้น ทำให้ไวน์ที่ได้มีคุณภาพไม่สม่ำเสมอ บางครั้งคุณภาพยอดเยี่ยมมาก เนื่องจากกลิ่นรสที่ซับซ้อนอันเกิดจากจุลินทรีย์หลากหลายชนิดตามธรรมชาติช่วยกันหมัก

2.3.6.1.2 **ใช้จุลินทรีย์บริสุทธิ์ที่คัดเลือกแล้ว** ได้แก่ เชื้อยีสต์หรือเชื้อแบคทีเรียบางชนิด ไม่ต้องการรา เชื้อยีสต์ส่วนใหญ่จะเป็นสายพันธุ์ *Saccharomyces cerevisiae* มีหลาย สเตรน (ชนิด) ส่วนแบคทีเรียจะใช้ในกรณีต้องการลกปริมาณกรดในไวน์หรือในน้ำองุ่นที่มีปริมาณกรดสูง ยังเพิ่มความซับซ้อนในกลิ่นและรสของไวน์ด้วย เชื้อยีสต์และแบคทีเรียที่ใช้ในการหมักไวน์อยู่ในสภาพการเก็บ 2 แบบ คือ สภาพเชื้อสดเพาะเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงวุ้น (nutrient agar) และสภาพผงแห้ง (active dried yeast powder) ซึ่งเก็บได้นานและมีประสิทธิภาพดีกว่ายีสต์สด ในการผลิตไวน์เชิงอุตสาหกรรมจึงนิยมใช้ยีสต์และเชื้อแบคทีเรียชนิดผงแห้ง วิธีใช้ไม่ยากจะกล่าวไว้ที่ซอง กล่องหรือภาชนะบรรจุเชื้อจุลินทรีย์นั้น

ศุภสิทธิ์ ดีรักษา (2548) ศึกษาการเปรียบเทียบคุณภาพไวน์มังคุดที่ได้จากการหมักโดยใช้เชื้อจุลินทรีย์ธรรมชาติและเชื้อยีสต์บริสุทธิ์ โดยศึกษาผลของเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมัก 2 ชนิด คือ เชื้อจุลินทรีย์ธรรมชาติและเชื้อยีสต์บริสุทธิ์สายพันธุ์ Saccharomyces bayanus (EC1118) และผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการหมักและการบ่ม 2 แบบ คือ ทำการหมักและบ่มที่อุณหภูมิห้องโดยมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของการหมักคือ 27.5°ซ และการบ่ม 25.5°ซ และทำการหมักและบ่มที่อุณหภูมิควบคุมโดยมีค่าอุณหภูมิการหมัก 18-20 °ซ และการบ่มที่ 10-15° ซ ต่อคุณภาพของไวน์มังคุดที่ได้ในก้านต่าง ๆ ได้แก่ ปริมาณแอลกอฮอล์ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ค่า pH ปริมาณกรดทั้งหมด ค่าความขุ่น ค่าสี ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณฟูเซลล์ออยล์ ปริมาณเมธิลแอลกอฮอล์ และอื่น ๆ รวมทั้งการทดสอบทางประสาทสัมผัส ผลการวิจัยพบว่า ชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้รวมทั้งอุณหภูมิที่ใช้ในการหมักและการบ่มที่แตกต่างกันมีผลต่อคุณภาพของไวน์มังคุดที่ได้ดังนี้ ช่วงการหมัก การหมักโดยใช้เชื้อยีสต์บริสุทธิ์มีปริมาณแอลกอฮอล์ และค่า pH สูงกว่าการหมักโดยใช้เชื้อจุลินทรีย์ธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณกรดทั้งหมด ต่ำกว่าการหมักโดยใช้เชื้อจุลินทรีย์ธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การหมักที่อุณหภูมิห้องมีผลทำให้ปริมาณแอลกอฮอล์ และปริมาณกรดทั้งหมด สูงกว่าการหมักที่อุณหภูมิควบคุมควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนค่า pH และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่ำกว่าการหมักที่อุณหภูมิควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อสิ้นสุดการบ่มพบว่าการหมักโดยใช้เชื้อยีสต์บริสุทธิ์มีปริมาณแอลกอฮอล์ ค่า pH และค่าความขุ่น สูงกว่าการหมักโดยใช้เชื้อจุลินทรีย์ธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณกรดทั้งหมด ค่าสี และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์จะต่ำกว่าการหมักโดยใช้เชื้อจุลินทรีย์ธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การบ่มที่อุณหภูมิห้องมีผลทำให้ปริมาณแอลกอฮอล์ ปริมาณกรดทั้งหมด ค่าความขุ่น และค่าสีสูงกว่าการบ่มที่อุณหภูมิควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และค่า pH ต่ำกว่าการบ่มที่อุณหภูมิควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2.3.6.2 **สภาวะของกระบวนการหมักไวน์**

2.3.6.2.1 **อุณหภูมิ** ในขั้นตอนระหว่างการหมักจะมีพลังงานความร้อนที่ปลดปล่อยออกจากปฏิกิริยาสูงถึง 149.5 kcal/g $_{sucrose}$ ซึ่งเป็นผลจากการที่ยีสต์ใช้น้ำตาลซูโครสในการหมักไวน์ความร้อนนี้มีผลต่อการเจริญของยีสต์ทั้งด้านสรีระวิทยาของเซลล์ การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของน้ำหมักและอัตราการหมักเอธานอล แม้ยีสต์จะสามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิค่อนข้างสูงแต่ก็ทำให้เกิดการฉีกขาดของ plasma membrane ของเซลล์และการอยู่รอดของเซลล์ลดลงอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ยังมีการระเหยของเอทานอลและเกิดฟองมากในน้ำหนัก การเพิ่มอุณหภูมิของการหมักถึง 32 องศาเซลเซียสสามารถเพิ่มอัตราการหมักไวน์ให้สูงขึ้นได้ อย่างไรก็ตามการใช้อุณหภูมิที่สูงเกินไปทำให้การเจริญของยีสต์และอัตราการผลิตเอธานอลต่ำกว่าที่อุณหภูมิการหมักปกติ โดยทั่วไปจะควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ระหว่าง 18 ถึง 20 องศาเซลเซียส

2.3.6.2.2 pH มีความสำคัญอย่างมากต่อการเจริญของยีสต์ อัตราการหมักไวน์ (wine fermentation rate) อัตราการผลิตเอธานอล (ethanol productivity) และการสร้างสารผลพลอยได้ (by product) อื่น ๆ ตลอดจนควบคุมการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการได้บางส่วน โดยมากทำการปรับค่า pH ของน้ำหมักให้อยู่ระหว่าง 2.8 ถึง 3.8 ซึ่งยีสต์สามารถเจริญได้

2.3.6.2.3 **ในสภาวะที่มีอากาศหรือออกซิเจน** ยีสต์จะสามารถแบ่งตัวเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าได้ในเวลาไม่ถึงชั่วโมงในระยะการเจริญ และจะได้เซลล์ยีสต์เป็นหลายล้านเซลล์เมื่อเวลาผ่านไปภายใน 24 ชั่วโมง การเจริญของยีสต์ช่วงนี้จะให้ปริมาณแอลกอฮอล์น้อยมาก ยีสต์จะผลิตกรดน้ำส้มขึ้นมาแทน ทำให้ไวน์มีรสเปรี้ยวและมีกลิ่นบูด แต่ในสภาวะไม่มีอากาศยีสต์จะแบ่งเซลล์ได้น้อยกว่าแต่จะให้แอลกอฮอล์ได้ดีกว่า ในการหมักด้วยถังขนาดเล็กจึงควรใช้อุปกรณ์ดักอากาศหรือ air lock โดยเติมน้ำสะอาดลงในอุปกรณ์เพิ่มป้องกันอากาศจากภายนอกเข้าสู่ถังได้แต่ยอมให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผลิตจากยีสต์ออกมาจากถังแทน

2.3.6.2.4 **ความข้นของเอธานอล** ในระหว่างกระบวนการหมัก ความเข้มข้นเอธานอลจะสูงขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งสามารถยังยั้งการเจริญของยีสต์ได้ โดยทั่วไปยีสต์ถูกยับยั้งความเจริญเมื่อความเข้มข้นเอธานอลประมาณร้อยละ 14 โดยปริมาตร แต่มียีสต์บางสายพันธุ์ที่สามารถทนต่อความเข้มข้นของเอธานอลประมาณร้อยละ 18 โดยปริมาตร เช่น *S. cerevisiae* สายพันธุ์ AXAZ-I ในปี 1994 fischer และ Noble ศึกษาถึงสาเหตุที่ทำให้เกิดรสขมในไวน์ ประกอบด้วย 3 ปัจจัยหลัก คือผลของ pH ความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ และความเข้มข้นของสารประกอบ phenolic พบว่าปริมาณความเข้มข้นเอธานอลเพิ่มขึ้นจาก 8% ถึง 10 % โดยปริมาตร ทำให้ความขมในไวน์เพิ่มขึ้นเท่ากับ 51% และ 41% ตามลำดับ โดยผลของการเพิ่มความเข้มข้นของเอธานอลทำให้ความขมเพิ่มขึ้นนี้ยังไม่ทราบสาเหตุชัดเจน การเพิ่มปริมาณสารประกอบ phenolic จาก 100 ถึง 1500 มิลลิกรัม/ลิตร ความขมเพิ่มขึ้น 28% ส่วนผลของค่า pH ในไวน์ที่สูงขึ้นส่งผลให้ความขมเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน

2.3.6.3. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์หลังการหมัก**

2.3.6.3.1 **การตกตะกอน**

กระบวนการตกตะกอนไวน์ที่ดีสามารถเพิ่มคุณภาพของไวน์ได้มาก โดยการตกตะกอนไวน์เป็นการเติมสารที่มีคุณสมบัติในการกำจัดหรือลดปริมาณสารแขวนลอย (suspended solid) ที่ไม่พึงประสงค์ในไวน์และสารช่วยให้ได้ไวน์ที่ใส สี กลิ่นและรสดีขึ้น สารที่ใช้ในการตกตะกอนไวน์ควรเป็นสารที่ได้จากธรรมชาติ เช่น gelatin, tannin หรือ bentonite เป็นต้น กลไกการทำงานของสารตกตะกอน (fining gent) ในการตกตะกอนไวน์ อาจเป็นการเกิดพันธะ การดูดซับ (adsorption) การซึมซับ (absorbtion) หรือการแลกเปลี่ยนประจุของสาร (ion exchange) ในกรณีการแลกเปลี่ยนประจุของสารจะเป็นการแลกเปลี่ยนประจุที่ตรงข้ามกันเพื่อชักนำการเกาะกลุ่มของสาร (aggregation) ให้มีขนาดใหญ่ ความหนาแน่นสูงและตกตะกอนในที่สุด ความขุ่นที่เกิดในไวน์เกิดจากเนื้อองุ่น ยีสต์ แบคทีเรีย สารแขวนลอยอื่น ๆ และสารที่เกิดประจุขึ้นระหว่างกระบวนการเก็บบ่มไวน์ ซึ่งสารเหล่านี้จะอยู่ในรูปของโปรตีน เพค ติน หรือสารที่ได้จากการสลายสารในกลุ่ม polyphenol การดูดซับหรือการดูดซึมของสารที่ใช้ตกตะกอนไวน์กับสารแขวนลอย จะได้กลุ่มสารที่มีขนาดใหญ่ขึ้นซึ่งง่ายต่อการกรองไวน์

2.3.6.3.2 **การกรอง**

การกรองไวน์เป็นอีกขั้นตอนที่มีความสำคัญในการเพิ่มคุณภาพของไวน์ ซึ่งใช้วิธีการกรองไวน์แบบ microfiltation หรือ ultrafiltation อย่างไรก็จามการกรองไวน์ทำให้ความเข้มข้นของสีและกลิ่นของไวน์ลดลงได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับความดันและอัตราการไหลของไวน์เข้าสู่เครื่องกรอง การกรองไวน์ที่ดีควรใช้ความดันการกรองที่ค่อนข้างต่ำและให้อัตราการไหลของไวน์ปานกลาง เนื่องจากความดันของการกรองที่สูงเกินไป จะลดปริมาณสารที่มีผลต่อความเข้มของสีและกลิ่นไวน์อย่างมาก

2.3.6.3.3 **การบ่ม**

การบ่มไวน์ (Maturation หรือ Aging) เป็นช่วงเวลาสำคัญที่ทำให้ไวน์มีคุณภาพดี การบ่มช่วยให้ไวน์มีกลิ่นหอม และมีรสชาติที่ดีขึ้น ไวน์ทุกชนิดควรบ่มให้เพียงพอเพื่อให้เกิดการพัฒนาของกลิ่นหอมที่สมบรูณ์ที่สุด ไวน์แต่ละชนิดจะใช้เวลาในการทำให้เกิดกลิ่นหอมไม่เท่ากัน ภาชนะที่ใช้บ่มไม่ควรมีผลต่อคุณภาพของไวน์อาจใช้ขวดแก้ว ถังสแตนเลส แต่มีข้อเสียคือมีราคาแพง สำหรับในต่างประเทศการบ่มไวน์นิยมบ่มไวน์นิยมบ่มในถังไม้โอ๊ค (oak) ในระหว่างการบ่มจะเกิดปฏิกิริยาทางเคมีอย่างช้า ๆ เพื่อเปลี่ยนแปลงสารที่มีในไวน์ให้อยู่ในลักษณะที่สมดุล เป็นผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นรส (ศุภสิทธิ์ ดีรักษา, 2548)

2.3.7 **สภาวะที่เหมาะสมในการเก็บไวน์**

ควรมีตู้หรือสถานที่เก็บไวน์ ถ้าเป็นตู้เก็บไวน์ที่ตั้งภายในบ้านไม่ควรตั้งใกล้เตาไป แสงสว่าง และแหล่งกำเนิดความร้อน ถ้าเป็นสถานที่เก็บควรบุผนังด้วยฉนวนกันความร้อน อาจเป็นห้องใต้ดินก็ได้ จำเป็นต้องควบคุมสภาวะการเก็บขวดไวน์ในตู้ หรือสถานที่เก็บดังนี้

2.3.7.1 **อุณหภูมิ** ควรมีอุณหภูมิค่อนข้างสม่ำเสมอ ประมาณ 13-15 °c ไวน์จะเกิดคุณภาพที่สลับซับซ้อนหากทำการบ่มในขวดช้า ๆ หากอุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงมากในระกว่างการบ่มจะทำให้ไวน์สุก พร้อมใช้ดื่มเร็วเกินไป

2.3.7.2 **แสงสว่าง** ไม่ควรให้ไวน์ถูกแสงสว่างโดยตรงเป็นไวลานาน จะทำให้วีของไวน์เป็นสีชาและสีหมอง ไม่จำเป็นต้องเก็บไวน์ในที่มืด อาจใช้แสงไฟสลัว ๆ และบรรจุไวน์ในขวดสีเพื่อป้องกันแสงและความร้อน

2.3.7.3 **ความชื้น** ควรมีความชื้น 75-80% ความชื้นมากไปก็ให้เกิดเชื้อราซึ่งจะทำลายจุกไม้ก๊อกและฉลากไวน์ สมัยใหม่จะฉีดสารบางอย่างเพื่อเคลือบฉลากไวน์ก่อนเก็บในที่ชื้น หากความชื้นน้อยไปจุกไม้ก๊อกจะแห้ง อายุการใช้งานสั้น เป็นอันตรายต่อคุณภาพไวน์

2.3.7.4 **ความสั่นสะเทือน** ไม่ควรจะมี เพราะจะรบกวนกระบวนการบ่มไวน์ ไม่ควรมีแรงสั่นสะเทือนจากภายนอกด้วย ถ้าไม่จำเป็นควรจับหรือยกไวน์บ่อย ๆ ไวน์แดงและพอร์ตคุณภาพดีจะก่อให้เกิดตะกอนเป็นแผ่นแข็งเล็ก ๆ ขณะบ่มในขวดฉะนั้นไม่ควรรบกวนไวน์ขณะบ่ม

2.3.7.5 **กลิ่น** ควรมีการระบายอากาศที่ดีในตู้หรือสถานที่เก็บไวน์ในที่เดียวกับสารเคมีที่ใช้ในบ้าน เช่น ยาฆ่าแมลง ยาฆ่าวัชพืช น้ำยาทำความสะอาดพื้นหรือห้องน้ำ เป็นต้น เพราะไวน์จะดูดกลิ่นสารเคมีเหล่านี้โดยผ่านทางจุกไม้ก๊อก

2.3.7.6 **ลักษณะการวางขวด** ควรวางขวดไวน์นอนราบกับพื้นเพื่อให้จุกไม้ก๊อกสัมผัสกับน้ำไวน์ จุกจะชื้นและพองแน่น ทำให้อากาศหรือออกซิเจนเข้าไปในขวดได้ยาก ไวน์ที่ผิดจุกด้วยฝาจีบสามารถวางตั้งในแนวยืนได้

2.3.7.7 **ค่าใช้จ่าย** หากต้องลงทุนเพิ่มเพื่อขยาย ปริมาณการเก็บไวน์ ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยสำหรับไวน์ แต่ละขวดต้องน้อยที่สุด (จิตติมา ดำรงวัฒนา, 2547)

2.3.8 **การประเมินรสชาติ** (sensory evaluation)

ความแตกต่างระหว่างการชิมและการดื่มไวน์ คือ การชิมเป็นการทดสอบสีกลิ่น และรส โดยอาจดื่มเพียงเล็กน้อยเท่านั้นเพื่อให้รู้ถึงความรู้สึกและประเมินคุณภาพไวน์ กลิ่นที่ระเหยสู่จมูก ส่วนการดื่มเป็นการตอบสนองความต้องการหรือความอยากดื่มซึ่งก่อให้เกิดความมึนเมา การชิมไวน์นั้นจะใส่ไวน์ในแก้วแบบมีด้ามจับ โดยหลักการในการชิมไวน์ดังนี้

2.3.8.1 **แบบการชิม** ในการตัดสินคุณภาพไวน์ มีวิธีการที่สำคัญ 4 แบบ คือ

2.3.8.1.1 Difference test แบบนี้เป็นวิธีให้ผู้ชิมตัดสินว่า ไวน์ที่กำลังชิมมีความแตกต่างหรือเหมือนกับไวน์ที่เป็น control

2.3.8.1.2 Ranking test แบบนี้จะให้ผู้ชิมเรียงอันดับไวน์ อาจเรียงอันดับจากสูงสุดไปต่ำสุดในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง เช่นความหวาน ความเป็นกรด ปริมาณแอลกอฮอล์ เป็นต้นหรือเรียงอันดับคุณภาพ

2.3.8.1.3 Scoring test แบบนี้จะให้ผู้ชิมให้คะแนน โดยเปรียบเทียบกับไวน์ที่เป็น control หรือกับไวน์ที่ตั้งเป็นมาตรฐาน เป็นไวน์คุณภาพที่เคยได้รับรางวัล ผู้ชิมต้องต้องตัดสินใจว่าไวน์ที่ให้ชิมนั้นมีคุณภาพดี ดีกว่า ดีกว่ามาก หรือด้อยกว่าไวน์ที่เป็น control หรือไวน์มาตรฐาน

2.3.8.1.4.1 Hedonic test แบบนี้เป็นวิธีการชิมที่ง่ายที่สุดโดยให้ผู้ชิมบอกว่าชอบหรือไม่ชอบไวน์ที่ได้ชิม

2.3.8.2 **หลักในการชิมไวน์** ถือหลัก 3 ด คือ

ด ตัวที่ 1 คือ ดู

ด ตัวที่ 2 คือ ดม

ด ตัวที่ 3 คือ ดื่ม (จิบ)

ถ้าจะกล่าวเป็นภาษาอังกฤษคือใช้หลัก 3 S คือ

Sight คือ ดู

Smell คือ ดม

Sip คือ จิบ

ต้องดำเนินการตามลำดับคือ ดู ดม แล้วดื่ม (จิบ)

ดู เพื่อประเมินคุณภาพไวน์ด้านกายภาพ มองเห็นด้วยตาเปล่า ดู ให้ดูความใส และสีของไวน์ ไวน์จะต้องใส เป็นประกาย (Brilliant) และสีจะต้องเป็นไปตามมาตรฐาน คือ จะต้องดูว่าสีอะไร และปริมาณความเข้มข้นมากน้อยเพียงไร เช่นบอกว่าเป็นสีเหลืองอ่อน เหลือง ปานกลาง หรือเหลืองเข้ม เป็นต้น (สุกัญญา กล่อมจอหอ, จันทร์จนา ตันสกุล และกิตติศักดิ์ วสันวงศ์, 2545) การประเมินคุณภาพด้านความใสของไวน์แดงจึงควรทำความเข้าใจหรือตกลงกันก่อนทำการชิม

ดม เพื่อประเมินคุณภาพไวน์ด้านกลิ่น โดยหมุนไวน์ (swirl) ในแก้ว 8-10 รอบ แล้วดม อาจหมุนไวน์และดมหลายครั้ง เพื่อค้นหาทั้งกลิ่นที่ต้องการและกลิ่นที่ไม่ต้องการในไวน์

กลิ่นที่ต้องการในไวน์ แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ aroma คือกลิ่นของวัตถุดิบที่ใช้ผลิตไวน์ เช่น กลิ่นลิ้นจี่ กลิ่นกล้วยหอม กลิ่นมะม่วง กลิ่นองุ่นประจำพันธุ์ เป็นต้น bouquet คือ กลิ่นซับซ้อนของไวน์ เกิดจากกลิ่นวัตถุดิบ (aroma) กลิ่นจากการหมักและกลิ่นจากการบ่ม (ทั้งการบ่มในถังไม้โอ๊กและการบ่มในขวด) เช่น กลิ่นวานิลา กลิ่นยาเส้น ผสมกับกลิ่นผลไม้หรือกลิ่นวัตถุดิบ เป็นต้น

กลิ่นที่ไม่ต้องการในไวน์ เป็นกลิ่นที่บกพร่อง ส่วนใหญ่จะเกิดจากกระบวนการผลิตไวน์ การปนเปื้อนกับจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการ การเก็บและการบ่มไวน์ เป็นต้น เช่น กลิ่นยีสต์ กลิ่นดิน กลิ่นก้านองุ่น กลิ่นเหม็นเขียว กลิ่นหืนและสาบ (ออกซิเดชั่น) กลิ่นอัลดีไฮด์ กลิ่นน้ำส้มสายชู กลิ่นก๊าซไข่เน่า กลิ่นกำมะถัน กลิ่นโลหะ กลิ่นเหม็นสาบจุกไม้ก๊อก กลิ่นเหม็นสาบม้า กลิ่นน้ำมันเคลือบผิวไม้ (vanish) เป็นต้น

ดื่ม ควรหมายถึง จิบมากกว่า เพราะถ้าเป็นการดื่มไวน์ปริมาณน้ำไวน์ที่ผ่านลำคอจะมาก ทำให้เมา เทคนิคในการจิบเพื่อประเมินรสของไวน์ หรือทั้งกลิ่นรสของไวน์ หลังการกลืน (aftertaste) และการจบ (finish) มีหลายวิธี เช่น การอมและเคี้ยวไวน์ การกักไวน์เล็กน้อยใต้ลิ้นและดูดลมเข้าไป การบ้วนและกลืนไวน์เพียงเล็กน้อยผ่านลำคอ เป็นต้น เทคนิคการจิบ อมและค่อย ๆ กลืนไวน์ทำให้ทราบว่าไวน์เพียงเล็กน้อยผ่านลำคอ เป็นต้น เทคนิคการจิบ อมและค่อย ๆ กลืนไวน์ทำให้ทราบว่าไวน์นั้นหวาน ไม่หวาน เปรี้ยว เค็ม ฝาดเฝื่อน มีปริมาณแอลกอฮอล์มากน้อยเพียงไร กลิ่นรสภายหลังการกลืนไวน์และการจบของไวน์สั้นหรือยาวเพียงไร (ประดิษฐ์ ครุวัณณา, 2546)

บทที่ 3
วิธีดำเนินงาน

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 ลูกหนามแดง	กรุงเทพ และปริมณฑล	ประเทศไทย
3.1.2 น้ำตาลทราย	ตรา มิตรผล	ประเทศไทย
3.1.3 ยีสต์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	ประเทศไทย

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

3.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต

3.2.1.1 อุปกรณ์งานครัว	ตรา หัวม้าลาย	ประเทศไทย
3.2.1.2 เครื่องปั่นผสม	Hamilton beach	สหรัฐฯ
3.2.1.3 เครื่องชั่งขนาด 500 กรัม	Ingship	
3.2.1.4 ขวดสำหรับบรรจุ	Wellgrow Glass Industry	ประเทศไทย
3.2.1.5 ผ้าขาวบาง	กรุงเทพฯ	ประเทศไทย

3.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

3.2.2.1 เครื่องชั่งไฟฟ้าละเอียด 4 ตำแหน่ง	SARTORIUS GMBH GOTTINGEN type B1209	เยอรมัน
3.2.2.2 กระบอกตวงขนาด 50, 100 ml	Pyrex	เยอรมัน
3.2.2.3 กรวยแก้วขนาดใหญ่ กลาง และเล็ก	Pyrex	เยอรมัน
3.2.2.4 ขวดบรรจุสารเคมีสีชา ขนาด 500 ml	Pyrex	เยอรมัน
3.2.2.5 ขวดปรับปริมาตร ขนาด 50, 100, 250, 500 ml	Schott	เยอรมัน
3.2.2.6 บิวเรต ขนาด 250 ml	Pyrex	เยอรมัน
3.2.2.7 บีกเกอร์ ขนาด 50, 100, 500, 1000 ml	Pyrex	เยอรมัน

3.2.2.8 ปิเปต ขนาด 1, 5, 10 ml	Pyrex	เยอรมัน
3.2.2.9 ฟลาสก์ ขนาด 250 ml	Pyrex	เยอรมัน
3.2.2.10 spectophotometer	Hach company	เยอรมัน
3.2.2.11 12 ½" test tube	Milton roy company	-
3.2.2.12 pH meter	Eutech intruments	ญี่ปุ่น
3.2.2.13 เครื่องวัดสี	Hunter Lab	-
3.2.2.14 Hand refractometer	Atago	ญี่ปุ่น
3.2.2.15 เครื่องวัด %alcohol	-	-

3.2.3 สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

3.2.3.1 กรดแกลลิก (Gallic acid, $C_7H_6O_5$)	Fluka	สเปน
3.2.3.2 กรดซิตริก (Citric acid, $H_3C_6H_5O_7$)	Ajax	ออสเตรเลีย
3.2.3.3 กรดบอริก (boric acid, H_3BO_3)	Merck	เยอรมัน
3.2.3.4 กรดออกซาลิก (Oxalic acid, $(COOH)_2.2H_2O$)	Ajax	ออสเตรเลีย
3.2.3.5 กรดอะซิติก (Acetic acid, CH_3COOH)	J.T. Baker	สหรัฐฯ
3.2.3.6 กรดแอสคอบิก (L-ascorbic acid, $C_6H_8O_6$)	Ajax	ออสเตรเลีย
3.2.3.7 กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid, HCl)	Merck	เยอรมัน
3.2.3.8 ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (Disodium hydrogen phosphate, Na_2HPO_4)	Ajax	ออสเตรเลีย
3.2.3.9 สารประกอบ 2,6 ไดคลอโรฟีโนลินโดฟีนอล (2,6 dichlorophenolindophenol)	Ajax	ออสเตรเลีย

3.2.3.10 สารละลายโฟลินรีเอเจนท์ (Folin-Ciocalteu phenol reagent)	Merck	เยอรมัน
3.2.3.11 โซเดียมคาร์บอเนต (Sodium carbonate, Na_2CO_3)	Ajax	ออสเตรเลีย
3.2.3.12 โซเดียมอะซิเตด (Sodium acetate, $CH_3CHOONa$)	Ajax	ออสเตรเลีย
3.2.3.13 โซเดียมไฮโดรเจรคาร์บอเนต (Sodium hydrogen carbornate, NaH_2CO_3)	Ajax	ออสเตรเลีย
3.2.3.14 โพแทสเซียมคลอไรด์ (Potassium Chloride, KCl)	Ajax	ออสเตรเลีย
3.2.3.15 โพแทสเซียมเมตาไบซัลเฟต (Potassium metabisulphite, $K_2S_2O_5$)	Ajax	ออสเตรเลีย
3.2.3.16 โพแทสเซียมไฮโดรเจนพาทาเลต (Potassium hydrogen Phthalate, $C_6H_4COOHCOOK$)	Ajax	ออสเตรเลีย
3.2.317 เอทานอล 95% (Ethanol,C_2H_5OH)	องค์การสุรา ไทย	ประเทศไทย

3.3 สถานที่ในการทดลองและเก็บข้อมูล

ห้องปฏิบัติการอาหาร 710 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ พระนครใต้ ที่อยู่ 149 ถนนเจริญกรุง แขวงยานนาวา เขตสาทร กรุงเทพมหานคร 10120 โทรศัพท์ 0-2211-2052 , 0-2211-2056 โทรสาร 0-2211-2040

3.4 ระเบียบวิธีวิจัย

3.4.1 ศึกษากรรมวิธีการผลิตไวน์ลูกหนามแดง(มะม่วงหาวมะนาวโห่)

นำลูกหนามแดงที่ผ่านการแช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส จำนวน 500 กรัม มาละลายน้ำแข็งและ นำมาผ่าเอาเม็ดออก จากนั้นนำไปปั่นด้วยเครื่อง เครื่องปั่นผสม Hamilton beach จนละเอียด แล้วกรองด้วยผ้าขาวบาง เอาส่วนที่เป็นกากออก และกรองซ้ำอีกครั้ง ส่วนที่เป็นของเหลวที่ได้ มาวิเคราะห์ คุณภาพดังต่อไปนี้

3.4.1.1 **ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด** (total soluble solids)

ใช้การวัดด้วย Hand refractometer

3.4.1.2 **ค่าความเป็นกรดด่าง** (pH)

นำน้ำลูกหนามแดงที่คั้นได้ไปวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง โดยใช้ pH meter

3.4.1.3 **ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ทั้งหมด**

ปริมาณกรดหาได้โดยการปิเปตตัวอย่าง 1 ml ใส่นำกลั่น ให้มีปริมาณครบ 10 ml หยด Phenolpthalein 1 %นำมาไตเทรตด้วย NaOH 0.1 N สังเกตจุดยุติ (end point) จะเปลี่ยนเป็นสีชมพูจาง ๆ แล้วนำไปคำนวณหาปริมาณกรดซิตริกตามสูตรที่ (1)

$$\text{Citric acid (g/100ml)} = \frac{(V)\,(N)\,(70)\,(100)}{1000 \times v} \qquad (1)$$

เมื่อ v = ปริมาณของตัวอย่างที่ใช้

V = ปริมาณของ NaOH ที่ใช้

N = normality ของ NaOH

3.4.1.4 **ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด**

ใช้การวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin – Ciocalteu ตามวิธีการของ เสกสรร วงศ์ศิริ (2546)

ใส่ตัวอย่างน้ำหนามแดง 0.1 ml ลงในขวดวัดปริมาตรที่มี deionized water อยู่ 60 – 75 ml แกว่งขวดวัดปริมาตรเพื่อให้เกิดการผสมกัน เติม Folin – Ciocalteu reagent ลงไป 5 ml แกว่งขวดวัดปริมาตรเพื่อผสมกันอีกครั้ง ภายใน 1 – 8 นาที เติมสารละลาย Sodium carbonate ความเข้มข้น 20 % w/v ลงไป 15 ml ผสมให้เข้ากันก่อนปรับปริมาตรให้ครบ 100 ml ด้วย deionized water ผสมอีกครั้งก่อนเก็บไว้ 2 ชั่วโมงเพื่อให้เกิดสี (เริ่มต้นจับเวลาทันทีที่เติม Sodium carbonate) วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตรด้วยเครื่อง spectrophotometer คำนวณปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่วิเคราะห์ได้ โดยใช้กราฟมาตรฐานที่เตรียมจาก กรดแกลลิก ซึ่งทราบความเข้มข้นที่แน่นอน

การเตรียมกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก

ชั่งกรดแกลลิกมา 0.02 กรัมละลายในเอทานอล 95% แล้วปรับปริมาตรด้วยเอทานอล 95% ให้ครบ 50 มิลลิลิตร จากนั้นปิเปตสารละลายกรดแกลลิกที่เตรียมไว้ใส่ลงในหลอดทดลองหลอดละ 0, 0.10, 0.20, 0.30, 0.40 และ 0.50 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 10 มิลลิลิตร ซึ่งในแต่ละหลอดทดลอง จะมีปริมาณกรดแกลลิกอยู่เท่ากับ 0, 40, 80, 120, 160 แล้ว 200 ไมโครกรัม ตามลำดับ

นำหลอดทดลองทั้งหมดมาเติมสารละลาย Folin-Ciocalteu หลอดละ 0.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 5 นาที จากนั้น เติมสารละลาย Sodium carbonate (Na_2CO_3) ความเข้มข้น 10% ลงไป 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 10 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงดังกล่าวกับปริมาณกรดแกลลิกเป็นไมโครกรัม

3.4.1.5 **ปริมาณวิตามินซี**

3.3.1.5.1 สารละลาย DCP ละลาย DCP 0.05 กรัม และ $NaHCO_3$ 0.04 กรัม ในน้ำกลั่น 400 ml

3.3.1.5.2 สารละลายวิตามินซี มาตรฐาน ชั่งวิตามินซีที่บริสุทธิ์ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน ประมาณ 0.1 กรัม เติม Oxalic acid ลงไป 1 กรัม ละลายน้ำ ปรับปริมาตรให้ครบ 100.00 ml ในขวดปรับปริมาตร 100 ml

3.3.1.5.3 หาความเข้มข้นที่แน่นอนของ DCP ปิเปตสารละลายวิตามินซีมาตรฐานที่เตรียมไว้ 2 ml ใน flask ขนาด 250 ml นำไปไตเตรทกับสารละลาย DCP จนสารละลายเปลี่ยนจากใสไม่มีสีเป็นสีชมพู ซึ่งเป็นจุดยุติในการไตเตรท คำนวณหาปริมาณวิตามินซี (mg) ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับ DCP 1 ml ค่านี้เรียกว่า Equivalency factor

3.3.1.5.4 หาปริมาณวิตามินซี ตัวอย่าง โดยนำตัวอย่างที่เตรียมมาแล้วมาไตเตรทกับ DCP จนได้สีชมพูอ่อน ซึ่งสีจะคงตัวอยู่นานกว่า 15 วินาที จดปริมาตร DCP ที่ใช้ 3.4.3.9.5 คำนวณหาปริมาณวิตามินซี

3.4.1.6 **การวัดค่าสี**

ใช้การการวัดค่าสีในระบบ CIE L^* a^* b^* ด้วยเครื่องวัดสี รุ่น Hunter Lab

3.4.1.7 **ศึกษาอัตราส่วนระหว่างน้ำกับลูกหนามแดงที่เหมาะสมต่อการผลิตไวน์หนามแดง**

โดยศึกษาอัตราส่วนน้ำที่เหมาะสมในการผลิตไวน์หนามแดง โดยเริ่มจากนำลูกหนามแดงที่แช่แข็งแล้วออกมาให้คืนตัว แล้วนำไปคั้นเอาน้ำ หลังจากนั้นนำน้ำลูกหนามแดงที่ได้มาผสมกับน้ำในอัตราส่วน น้ำลูกหนามแดง 20%, 25% และ 30% แล้วทำการหมักไวน์ นำไวน์ที่ได้ทำการทดสอบทางประสาทความใส, สี, ความหวาน, รส, ความเฝื่อน และความชอบรวม ให้ผู้ทดสอบชิม จำนวน 15 คน ให้คะแนนแบบ 9 Point Hedonic Scale โดย 1 คะแนน หมายถึง ชอบน้อยที่สุด และ 9 คะแนน หมายถึง ชอบมากที่สุด วางแผนแบบ CRD (Completely Randomized Design) วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยใช้ตาราง ANOVA ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยวิธี LSD (The least Significant difference)

กรรมวิธีการผลิตไวน์หนามแดง

ขั้นที่ 1 เตรียมน้ำลูกหนามแดงเพื่อการทำไวน์

นำลูกหนามแดงที่แช่แข็งแล้วออกมาให้คืนตัว แล้วนำมาล้างทำความสะอาด คว้านเมล็ด คั้นน้ำ นำน้ำลูกหนามแดงที่ได้แบ่งออกเป็น 3 ส่วน เท่า ๆ กัน ผสมกับน้ำสะอาดในอัตราส่วน น้ำลูกหนามแดง 20%, 25% และ 30% จากนั้นวัดค่า °Brix และ pH เริ่มต้น

ขั้นที่ 2 การเติมน้ำตาลและสารอาหารที่จำเป็น

เติมน้ำตาลทรายลงในน้ำลูกหนามแดงจากขั้นตอนที่ 1 และคนให้ละลาย วัดค่าความหวานด้วย hand refractometer ให้ได้ 22 °Brix ทำการปรับค่ากรด – เบส ให้ได้ 3.5-4.5 เพื่อให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของยีสต์ และยับยั้งแบคทีเรียที่มีในน้ำผลไม้ การปรับ pH อาจใช้กรดแลคติก 10% หรือใช้ NaOH 1% ในกรณีที่น้ำผลไม้เป็นกรดมาก จากนั้นชั่งไดแอมโมเนียมซฟอสเฟตในอัตราส่วน 1 กรัมต่อลิตร นำสารดังกล่าวมาละลายน้ำเล็กน้อย แล้วเติมลงในน้ำผลไม้ที่เตรียมไว้

ขั้นที่ 3 การกำจัดเชื้อยีสต์ที่ติดมากับผลไม้

โดยใช้สารเคมีโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์เติมในน้ำผลไม้ที่เตรียมได้จากข้อ 2 เติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.2 กรัมต่อลิตร ตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง ก่อนจะเติมกล้าเชื้อยีสต์ เพื่อให้ SO_2 ที่ระเหยออกมาหมดไปไม่หลงเหลืออยู่ เพราะจะทำลายกล้าเชื้อยีสต์ได้

ขั้นที่ 4 การเตรียมกล้าเชื้อ Starter

เพื่อให้การหมักเป็นไปอย่างรวดเร็ว จึงใช้กล้าเชื้อ 2-5% ของปริมาตรน้ำผลไม้ การเตรียมกล้าเชื้อ ทำโดยแบ่งน้ำผลไม้ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วประมาณ 20% ใส่ลงในหลอดทดลอง แล้วจึงเติมเชื้อยีสต์ลงไป โดยเติมน้ำกลั่นฆ่าเชื้อแล้วประมาณ 3 ml ใช้ loop ที่เผาไฟปล่อยให้เย็น ขูดยีสต์ออกมาได้เป็น suspension แล้วเท suspension นี้ลงน้ำผลไม้ที่เตรียมไว้ทิ้งไว้ 24 ช.ม. ที่อุณหภูมิห้อง จะเห็นฟองก๊าซ และน้ำผลไม้ขุ่น

ขั้นที่ 5 การหมัก (Fermentation)

เทกล้าเชื้อยีสต์ลงในน้ำผลไม้ที่ผ่านการฆ่าเชื้อ โดยภาชนะที่ใช้ต้องมีปริมาตรพอดี เมื่อเทียบกับปริมาตรน้ำผลไม้ ปล่อยทิ้งไว้จนการหมักสิ้นสุดลงคือมีปริมาณแอลกอฮอล์ประมาณ 13 %

ขั้นที่ 6 การทำให้ไวน์ใส

เมื่อสิ้นสุดการหมักไวน์ที่ได้จะขุ่นและมีตะกอนอยู่มาก ซึ่งเป็นกากของผลไม้และเซลล์ยีสต์ จึงแยกตะกอนออกด้วยวิธีกาลักน้ำ

ขั้นที่ 7 การบ่มไวน์ (Aging)

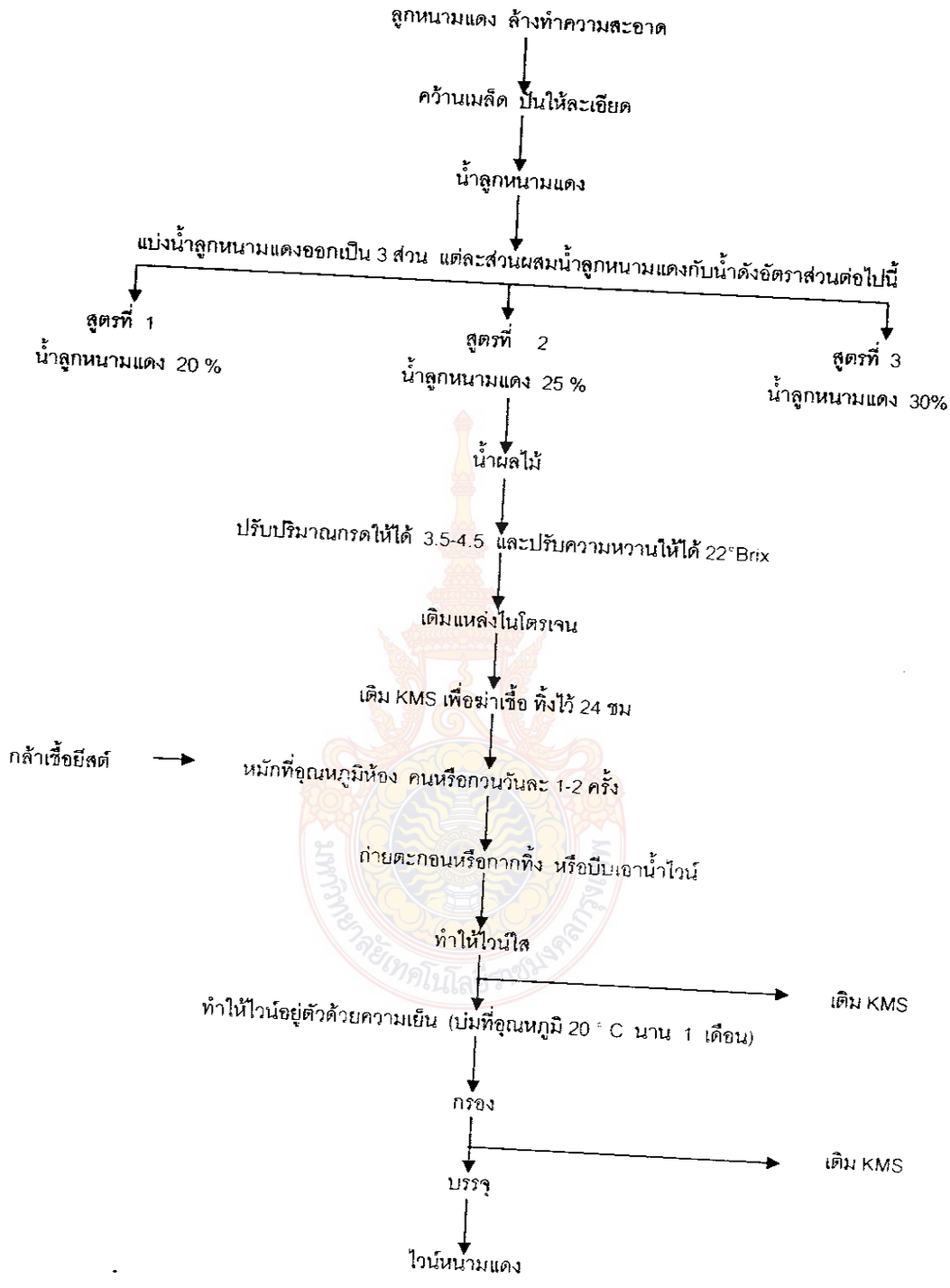
นำไวน์มาเก็บที่อุณหภูมิค่อนข้างต่ำ เพื่อให้ไวน์ใสและมีกลิ่นรสดีขึ้น ถ้าการบ่มยิ่งนานก็จะได้ไวน์ที่มีรสดียิ่งขึ้น

ขั้นที่ 8 การกรองและบรรจุ

ทำการกรองแยกกากออกจากของเหลว ไวน์ที่แยกได้จะใสขึ้นเรื่อย ๆ โดยเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.1 กรัมต่อไวน์ 1 ลิตร เพื่อป้องกันการออกซิเดชัน เมื่อได้ไวน์ที่พร้อมบรรจุในขวด ก่อนอื่นจะต้องนำขวดที่จะใช้บรรจุไวน์มาล้างให้สะอาดและรินด้วยสารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

ขั้นตอนการหมักไวน์



ภาพที่ 3.1 กรรมวิธีการผลิตไวน์หนามแดง

3.4.2 **การวิเคราะห์สมบัติของไวน์**

โดยนำไวน์ลูกหนามแดงที่ได้รับการยอมรับจากผู้ชิมมากที่สุด ทำการหมักอีกครั้งและนำมาทำการวิเคราะห์สมบัติของไวน์ที่มีการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการหมัก ได้แก่ หาปริมาณแอลกอฮอล์, วัดค่า pH, ปริมาณกรด, ปริมาณน้ำตาลโดยวัดทุก ๆ วัน หลังจากเริ่มทำการหมักและวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิก ปริมาณ Vitamin C และค่าสี ก่อนทำการหมัก, หลังจากกระบวนการหมักสิ้นสุดลง และหลังจากทำการบ่มเสร็จเรียบร้อยแล้ว

3.4.3.1 **ปริมาณแอลกอฮอล์**

ปริมาณแอลกอฮอล์วัดโดยใช้เครื่องวัด แอลกอฮอล์

3.4.3.2 **ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ตามวิธีการข้อ** 3.4.1.1

3.4.3.3 **ค่าความเป็นกรด - เบส** (pH) **ตามวิธีการข้อ** 3.4.1.2

3.4.3.4 **ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ทั้งหมด ตามวิธีการข้อ** 3.4.1.3

3.4.3.5 **การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี** Folin-Ciocalteu **ตามวิธีการของเสกสรร วงศ์ศิริ** (2546) **ตามวิธีการข้อ** 3.4.1.5

3.4.3.6 **การคำนวณค่าของการเปลี่ยนแปลงสี ค่า** Chroma **และ ค่า** Hue difference **ตามวิธีการของเสกสรร วงศ์ศิริ** (2546)

ใช้การการวัดค่าสีในระบบ CIE $L^* a^* b^*$ ด้วยเครื่องวัดสี รุ่น Hunter Lab การคำนวณค่าของการเปลี่ยนแปลงสี ค่า Chroma และ ค่า Hue difference ตามวิธีการของ เสกสรร วงศ์ศิริ (2546)

3.4.3.6.1 **คำนวณค่าการเปลี่ยนแปลงสี** ตามสูตรที่ (1)

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*) + (\Delta a^*) + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (1)$$

โดยที่

ΔL^* = ค่า L^* ของไวน์หนามแดงหลังการหมัก - ค่า L^* ของไวน์หนามแดงก่อนการหมัก

Δa^* = ค่า a^* ของไวน์หนามแดงหลังการหมัก - ค่า a^* ของไวน์หนามแดงก่อนการหมัก

Δb^* = ค่า b^* ของไวน์หนามแดงหลังการหมัก - ค่า b^* ของไวน์หนามแดงก่อนการหมัก

3.4.3.6.2 **คำนวณค่า** Chroma ตามสูตรที่ (2)

$$C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2} \quad (2)$$

3.4.3.6.3 **คำนวณค่า** Hue difference ตามสูตรที่ (3)

$$\Delta H^* = [(\Delta E^*)^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C^*)^2]^{1/2} \quad (3)$$

3.4.3.7 **การวิเคราะห์ความเข้มสีทั้งหมดตามวิธีการของเสกสรร วงศ์ศิริ (2546)**

เจือจางไวน์หนามแดงด้วยน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1 ต่อ 5 เก็บไว้ในที่มืด 2 ชั่วโมง ก่อนนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่น 420, 520 และ 700 นาโนเมตร คำนวณความเข้มสีทั้งหมดตามสูตรที่ (4)

$$\text{Total Color Density (O.D. units)} = [(O.D._{420} + O.D.\ 520) - 2(O.D._{700})] \quad (4)$$

3.4.3.8 **การวิเคราะห์ปริมาณสีพอลิเมอริคตามวิธีการของเสกสรร วงศ์ศิริ (2546)**

นำไวน์หนามแดงมาทำปฏิกิริยากับสารละลายโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 20% w/v ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ก่อนนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420, 520 และ 700 นาโนเมตร คำนวณปริมาณสีพอลิเมอริค ตามสูตรที่ (5)

$$\text{Polymeric Color (O.D. units)} = [(O.D._{420} + O.D._{520}) - 2(O.D._{700})] \quad (5)$$

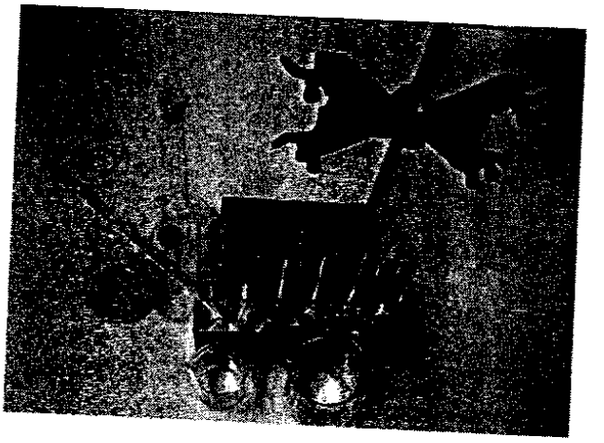
โดยที่

$TAcy_0$ คือ ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดในไวน์หนามแดงก่อนการหมัก

TAcy คือ ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดในไวน์หนามแดงหลังการหมัก

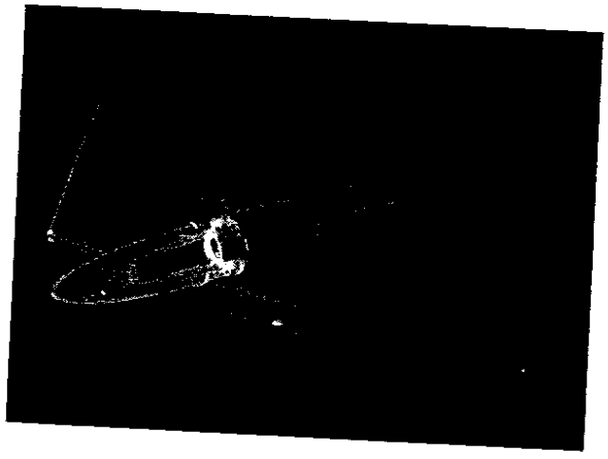
K คือ ค่าคงที่ของการสลายตัวของแอนโทไซยานิน (ต่อหน่วยเวลา)

ภาพที่ 3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตไวน์หนามแดง



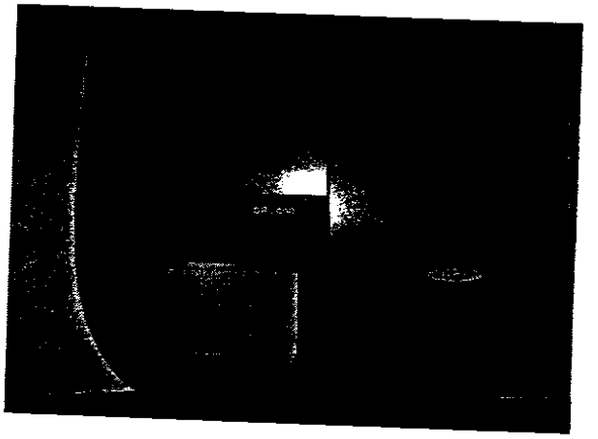
ภาพที่ 3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการไตเตรทหาปริมาณ %acidity

ภาพที่ 3.4 pH meter

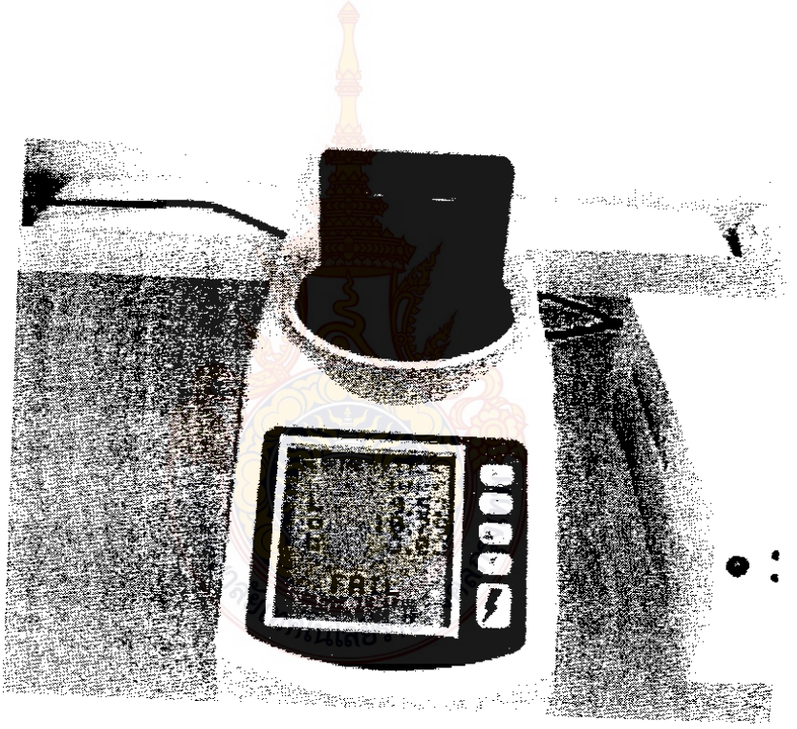


ภาพที่ 3.5 hand refractometer

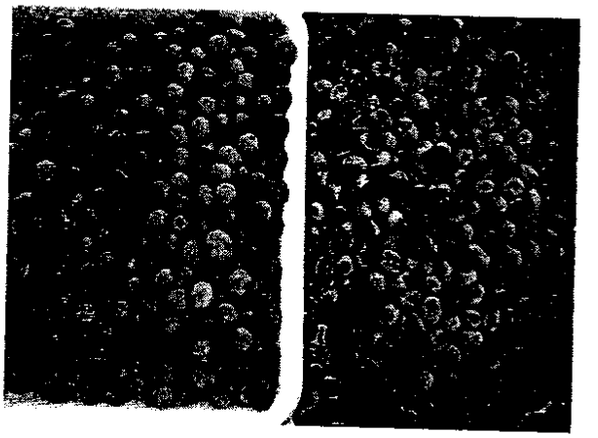
ภาพที่ 3.6 เครื่องวัด %alcohol



ภาพที่ 3.7 spectophotometer

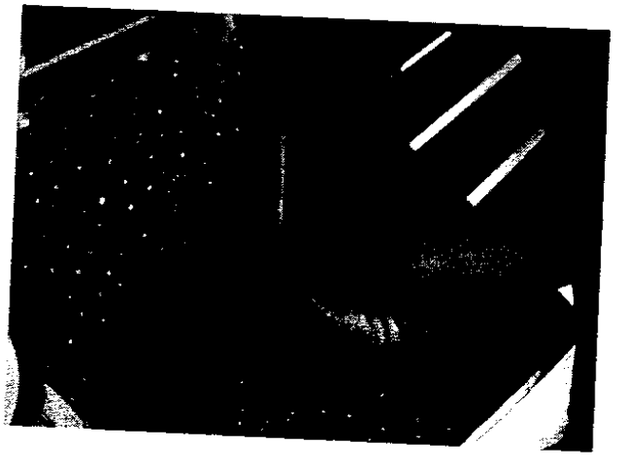


ภาพที่ 3.8 เครื่องวัดสี



ภาพที่ 3.9 การนำลูกหนามแดงที่แช่แข็งออกมาละลาย

ภาพที่ 3.10 การล้างทำความสะอาดลูกหนามแดง

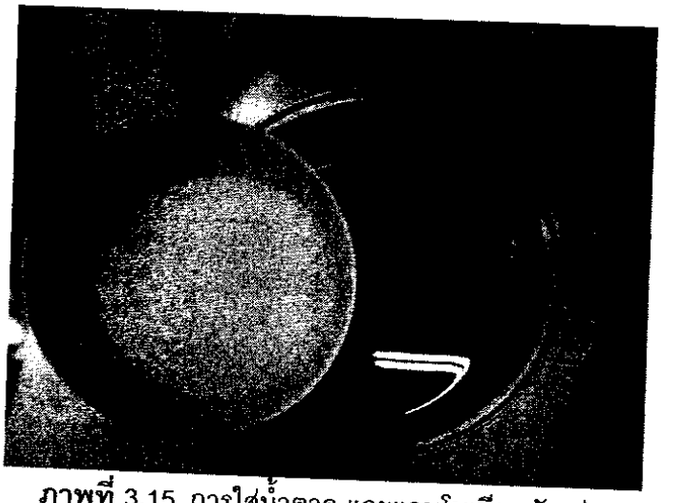


ภาพที่ 3.11 การคว้านเม็ด

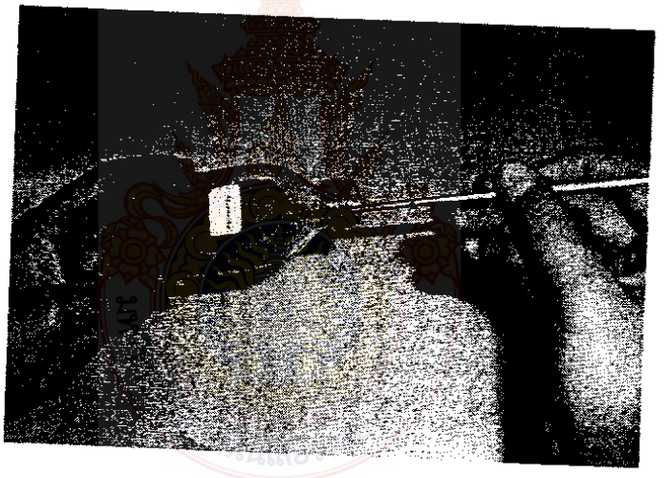
ภาพที่ 3.12 การปั่นลูกหนามแดงที่คว้านเม็ดแล้วให้ละเอียด

ภาพที่ 3.13 การกรองเพื่อแยกน้ำลูกหนามแดง และกาก

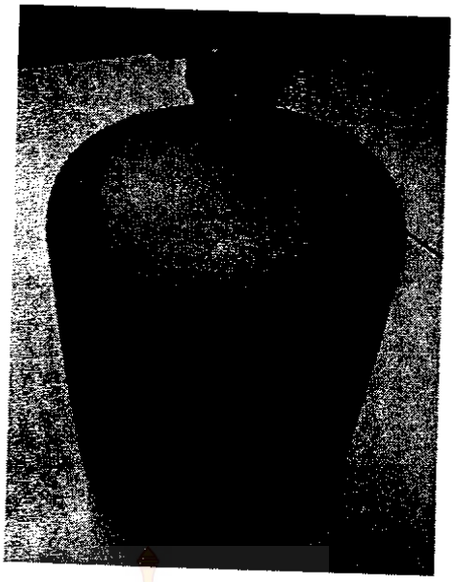
ภาพที่ 3.14 น้ำคั้นลูกหนามแดง และกาก



ภาพที่ 3.15 การใส่น้ำตาล และแอมโมเนียมซัลเฟต ลงในน้ำลูกหนามแดง

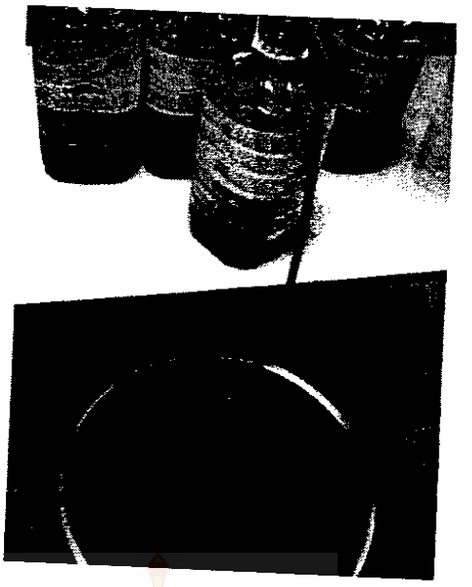


ภาพที่ 3.16 การเขี่ยเชื้อเพื่อเตรียมกล้าเชื้อยีสต์



ภาพที่ 3.17 การหมักไวน์ที่อุณหภูมิห้อง

ภาพที่ 3.18 การทำให้ไวน์อยู่ตัวด้วยความเย็น



ภาพที่ 3.19 การล้างน้ำเพื่อแยกตะกอนออกจากไวน์

ภาพที่ 3.20 การกรองไวน์

ภาพที่ 3.21 การบรรจุขวด

ภาพที่ 3.22 ผลิตภัณฑ์ไวน์ที่บรรจุเสร็จ

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ผลศึกษากรรมวิธีการผลิตไวน์ลูกหนามแดง(มะม่วงหาวมะนาวโห่)

ในการผลิตน้ำผลไม้มีความจำเป็นที่ต้องทราบถึงองค์ประกอบต่างๆ ที่มีในผลไม้ ซึ่งอาจจะส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ ดังนั้น การทดลองนี้จึงได้ศึกษาถึงองค์ประกอบต่างๆ ของน้ำลูกหนามแดง โดยสกัดน้ำลูกหนามแดงแล้วนำมาตรวจสอบคุณภาพ ผลการทดลองที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 คุณภาพของน้ำคั้นที่ได้จากผลลูกหนามแดง

ลักษณะคุณภาพ	ปริมาณ
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix)	8±0.4
ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ %Acidity (as citric acid)	1.89±0.03
ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)	2.8±0.2
ปริมาณสารประกอบฟีนอลลิกทั้งหมด (mg/100 ml)	38.439 ±0.011
ปริมาณวิตามินซี (μg/ml)	ไม่พบ
ค่าสี	
L*	12.467±0.006
a*	15.493±0.012
b*	3.030±0.000

[1] ในการคำนวณใช้ค่า $E^{1\%}_{1cm}$ ของผลแครนเบอรี่ซึ่งมีค่าเท่ากับ 982 (เสกสรร วงศ์ศิริ. 2546) และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร

4.2 ผลการศึกษาอัตราส่วนระหว่างน้ำกับน้ำลูกหนามแดงที่เหมาะสมต่อการผลิตไวน์หนามแดง

การศึกษาอัตราส่วนระหว่างน้ำกับน้ำลูกหนามแดงที่เหมาะสมในการผลิตไวน์หนามแดง โดยอัตราส่วนระหว่างน้ำกับลูกหนามแดงไว้ 3 ระดับ คือ ปริมาณน้ำลูกหนามแดง 20%, 25% และ 30% ของน้ำหนักน้ำ เพื่อให้ได้ปริมาณของน้ำลูกหนามแดงในอัตราส่วนที่เหมาะสม แล้วนำมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความใส, สี, ความหวาน, รส, ความเปื่อน และความชอบรวม โดยใช้ผู้ทดสอบชิม จำนวน 15 คน ให้คะแนนแบบ 9 Point Hedonic Scale โดย 1 คะแนน หมายถึง ชอบน้อยที่สุด และ 9 คะแนน หมายถึง ชอบมากที่สุด วางแผนแบบ CRD (Completely Randomized Design) วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยใช้ตาราง ANOVA ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยวิธี LSD (The least Significant difference) จากผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสด้านสี, กลิ่น, รสชาติ, เนื้อสัมผัส, ความใส, ความชอบรวม ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.2

เมื่อทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางด้านประสาทสัมผัสของไวน์หนามแดงทั้ง 3 สูตร พบว่ามีคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านต่าง ๆ ดังนี้

ความใส พบว่าคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านความใสของผลิตภัณฑ์ไวน์หนามแดงทั้ง 3 สูตร โดยสูตรที่ได้รับความชอบสูงสุดคือ สูตรที่ 2 โดยมีคะแนนเฉลี่ย 6.80 ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) กับสูตรที่ 1 และ 3 โดยมีคะแนนเฉลี่ย 6.00 และ 5.20 ตามลำดับ ความใสของสูตรที่ 2 มีความใสเมื่อส่องกับแสง ไม่มีตะกอนจากเศษลูกหนามแดง เมื่อเทียบกับสูตรที่ 1 และ 3

สี พบว่าคะแนนการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสในด้านสีของผลิตภัณฑ์ไวน์หนามแดงทั้ง 3 สูตร โดยสูตรที่ได้รับความชอบสูงสุดคือ สูตรที่ 3 โดยมีคะแนนเฉลี่ย 7.20 ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) กับสูตรที่ 1 และ 2 โดยมีคะแนนเฉลี่ย 6.20 และ 5.40 ตามลำดับ สีของสูตรที่ 3 มีสีแดงเหมือนน้ำทับทิม ดีกว่าสูตรที่ 1 และ 2 ซึ่งมีสีซีดกว่า

กลิ่น พบว่าคะแนนการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสในด้านสีของผลิตภัณฑ์ไวน์หนามแดงทั้ง 3 สูตร โดยสูตรที่ได้รับความชอบสูงสุดคือ สูตรที่ 3 โดยมีคะแนนเฉลี่ย 7.53 ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) กับสูตรที่ 1 และ 2 โดยมีคะแนนเฉลี่ย 6.53 และ 5.40 ตามลำดับ กลิ่นของสูตรที่ 3 จะมีกลิ่นหอมของผลไม้ และมีกลิ่นของแอลกอฮอล์มากกว่าเมื่อเทียบกับสูตรที่ 1 และ 2

ตารางที่ 4.2 คะแนนเฉลี่ยทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไวน์หนามแดง 3 สูตร

สูตร	คะแนนเฉลี่ยทางด้านประสาทสัมผัส						
	ความใส **	สี**	กลิ่น**	ความหวาน**	รส**	ความเผื่อน**	ความชอบรวม**
1	5.20^{c}±0.676	5.40^{c}±0.838	5.40^{c}±0.632	4.73^{c}±0.704	4.67^{c}±0.617	5.07^{c}±0.704	4.93^{c}±0.458
2	6.80^{a}±0.414	6.20^{b}±0.775	6.53^{b}±0.640	7.27^{a}±0.704	7.27^{a}±0.458	6.47^{b}±0.516	7.13^{a}±0.516
3	6.00^{b}±0.535	7.20^{a}±0.775	7.53^{a}±0.516	6.33^{b}±0.617	6.40^{b}±0.828	6.80^{a}±0.676	6.67^{b}±0.724

หมายเหตุ ** ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$)

ความหวาน พบว่าคะแนนการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสในด้านสีของผลิตภัณฑ์ไวน์หนามแดงทั้ง 3 สูตร โดยสูตรที่ได้รับความชอบสูงสุดคือ สูตรที่ 2 โดยมีคะแนนเฉลี่ย 7.27 ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) กับสูตรที่ 1 และ 3 โดยมีคะแนนเฉลี่ย 6.33 และ 4.73 ตามลำดับ ความหวานของสูตรที่ 2 จะมีความหวานกล่มกล่อม ไม่หวานแหลม ความหวานของสูตรที่ 1 และสูตรที่ 3 จะมีน้อยกว่าเนื่องจากสูตรที่ 1 จะมีรสชาติค่อนข้างอ่อน ส่วนสูตรที่ 3 มีรสเปรี้ยวของผลไม้มากกว่า

รส พบว่าคะแนนการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสในด้านสีของผลิตภัณฑ์ไวน์หนามแดงทั้ง 3 สูตร โดยสูตรที่ได้รับความชอบสูงสุดคือ สูตรที่ 2 โดยมีคะแนนเฉลี่ย 7.27 ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) กับสูตรที่ 1 และ 3 โดยมีคะแนนเฉลี่ย 6.40 และ 4.67 ตามลำดับ รสของสูตรที่ 2 จะมีรสชาติดี กลมกล่อม และเป็นที่ยอมรับและชื่นชอบของผู้ทดสอบชิม

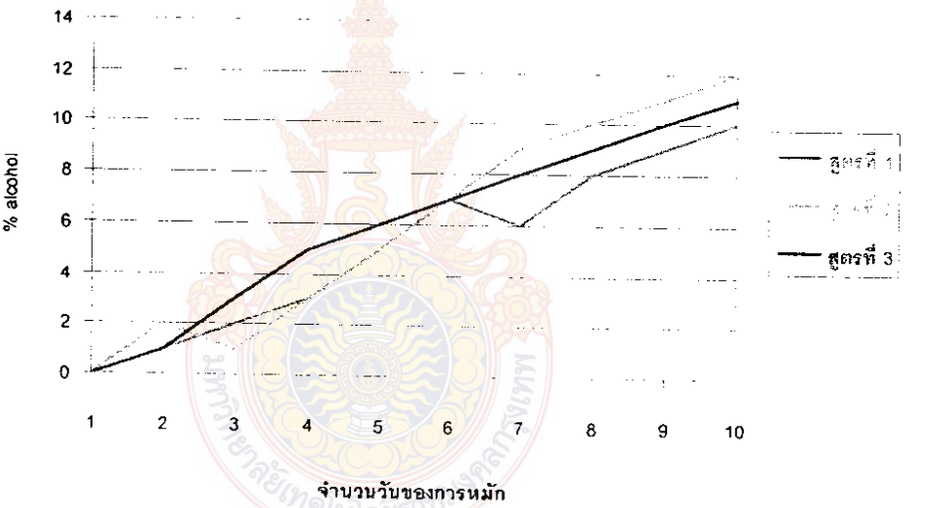
ความเฝื่อน พบว่าคะแนนการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสในด้านสีของผลิตภัณฑ์ไวน์หนามแดงทั้ง 3 สูตร โดยสูตรที่ได้รับความชอบสูงสุดคือ สูตรที่ 3 โดยมีคะแนนเฉลี่ย 6.80 ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) กับสูตรที่ 1 และ 2 โดยมีคะแนนเฉลี่ย 6.47 และ 5.07 ตามลำดับ ความเฝื่อนของสูตรที่ 3 จะมีความเฝื่อนอย่างพอเหมาะ ลื่นนุ่มนวลและมีเอกลักษณ์เฉพาะตัว ไม่เฝื่อนจนขม เมื่อเทียบกับสูตรที่ 1 และ 2 จะมีความเฝื่อนน้อยกว่า

ความชอบรวม พบว่าคะแนนการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสในด้านสีของผลิตภัณฑ์ไวน์หนามแดงทั้ง 3 สูตร โดยสูตรที่ได้รับความชอบสูงสุดคือ สูตรที่ 2 โดยมีคะแนนเฉลี่ย 7.13 ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) กับสูตรที่ 1 และ 3 โดยมีคะแนนเฉลี่ย 6.67 และ 4.93 ตามลำดับ ความชอบรวมของสูตรที่ 2 เป็นที่ชื่นชอบของผู้ทดสอบชิมมากที่สุด เพราะมีความใส อยู่ตัวดี และมีรสชาติที่ดีกว่า

4.3 ผลของการวิเคราะห์สมบัติของไวน์หนามแดง

4.3.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอลกอฮอล์

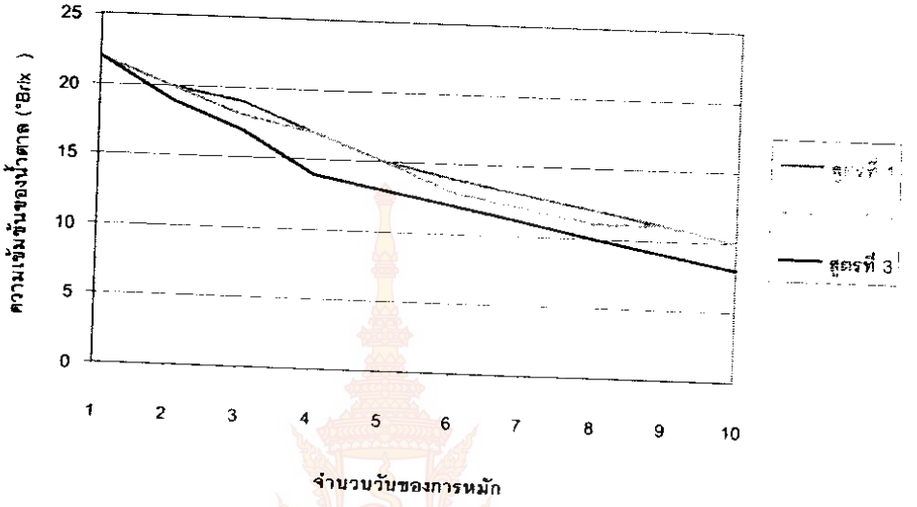
การหมักแอลกอฮอล์จะสังเกตเห็นฟองเกิดขึ้นในถังหมักประมาณ 24 ชั่วโมงหลังจากเติมยีสต์แสดงว่า น้ำตาลถูกเปลี่ยนเป็นเอทานอลและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยเอนไซม์ของยีสต์ ในวันต่อ ๆ มาฟองก๊าซจะเพิ่มมากขึ้นซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลอง วัดปริมาณแอลกอฮอล์ตามดังแสดงในภาพที่ 4.1 ปริมาณแอลกอฮอล์จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงแรก เนื่องจากเซลล์ยีสต์ทุกเซลล์เร่งการใช้น้ำเป็นแหล่งพลังงาน โดยผ่านกระบวนการ glycolysis โดยไม่ใช้ก๊าซออกซิเจนแล้วปล่อย เอทานอลออกจากเซลล์ พิษของเอทานอลจะทำให้จำนวนเซลล์ที่มีชีวิตอยู่ลดลงเรื่อย ๆ จนกระทั่งได้ปริมาณเอทานอลตามที่ต้องการแล้วจึงทำการสิ้นสุดกระบวนการหมัก ใช้เวลาประมาณ 10 วัน



ภาพที่ 4.1 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงแอลกอฮอล์ระหว่างการหมัก

4.3.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความเข้มข้นของน้ำตาล

น้ำตาลเป็นส่วนประกอบที่สำคัญต่อการผลิตไวน์ เพราะยีสต์ใช้เป็นแหล่งพลังงานโดยน้ำตาลจะถูกเปลี่ยนเป็น แอลกอฮอล์และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ดังนั้นปริมาณน้ำตาลในระหว่างหมักจะลดลงส่วนปริมาณแอลกอฮอล์จะเพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำตาลทำได้โดยการใช้ hand refractometer วัดความเข้มข้นของน้ำตาลในหน่วย °Brix ผลการวัดความเข้มข้นของน้ำตาลในระหว่างการหมักไวน์หนามแดง ดังแสดงในภาพที่ 4.2

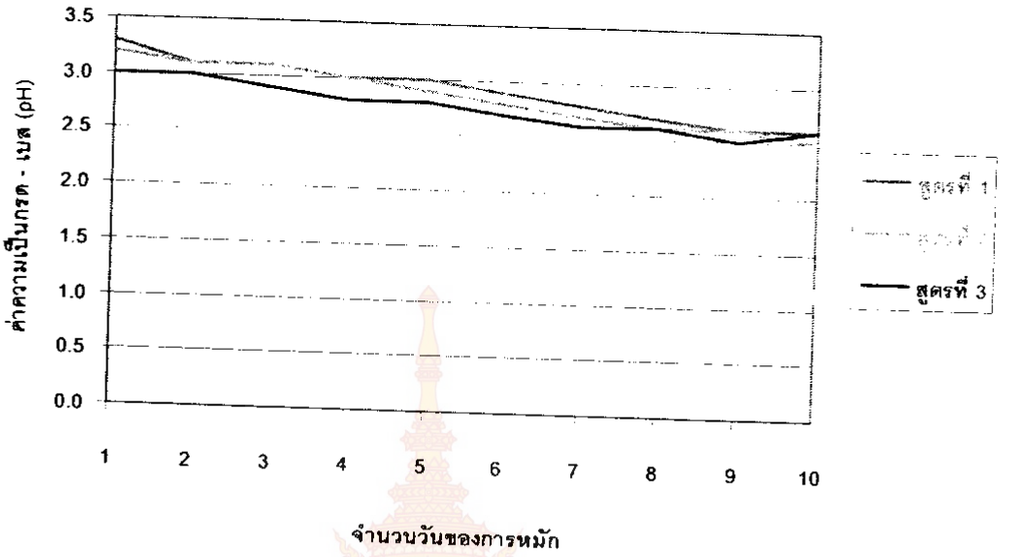


ภาพที่ 4.2 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของน้ำตาลระหว่างการหมัก

การทดลองปรับความเข้มข้นของน้ำตาลในไวน์หนามแดง เท่ากับ 22 °Brix พบว่าในช่วงแรกของการหมัก ปริมาณน้ำตาลจะลดลงอย่างรวดเร็วซึ่งก็สอดคล้องกับปริมาณแอลกอฮอล์ที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงแรกเช่นกัน ดังแสดงในภาพที่ 4.2 และในแต่ละอัตราส่วนนั้นพบว่าอัตราการใช้น้ำตาลจะใกล้เคียงกัน

4.3.3 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-เบส (pH)

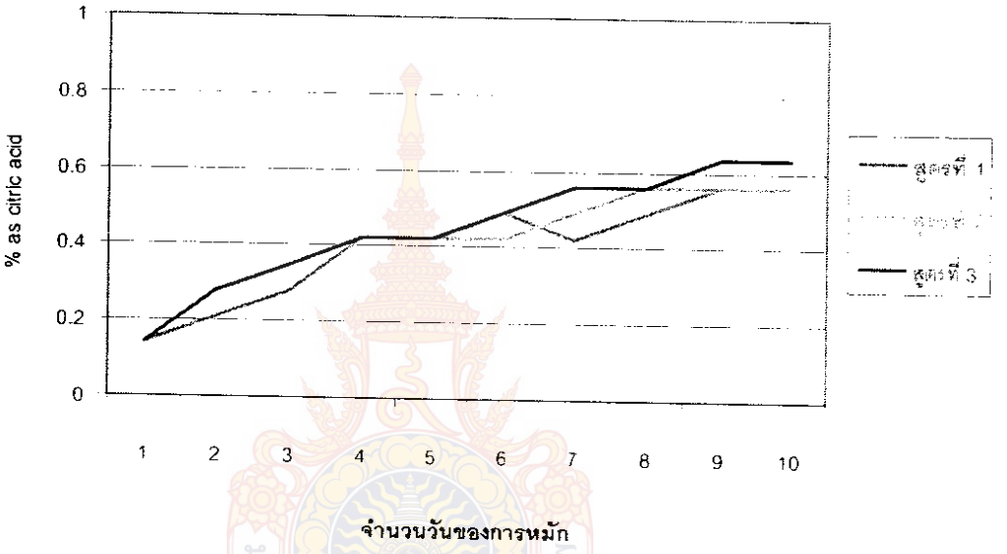
ค่า pH มีผลต่อคุณภาพของไวน์ในด้านต่าง ๆ เช่น ค่าสี การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ความคงตัวของไวน์ ทางด้านชีววิทยาและเคมี น้ำผลไม้ที่จะนำมาผลิตไวน์ควรปรับค่า pH ให้อยู่ระหว่าง 3.0 – 3.5 และเมื่อเริ่มกระบวนการหมักค่า pH จะค่อย ๆ ลดลง ดังแสดงในภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด – เบส (pH)

4.3.4 ผลของปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ทั้งหมด

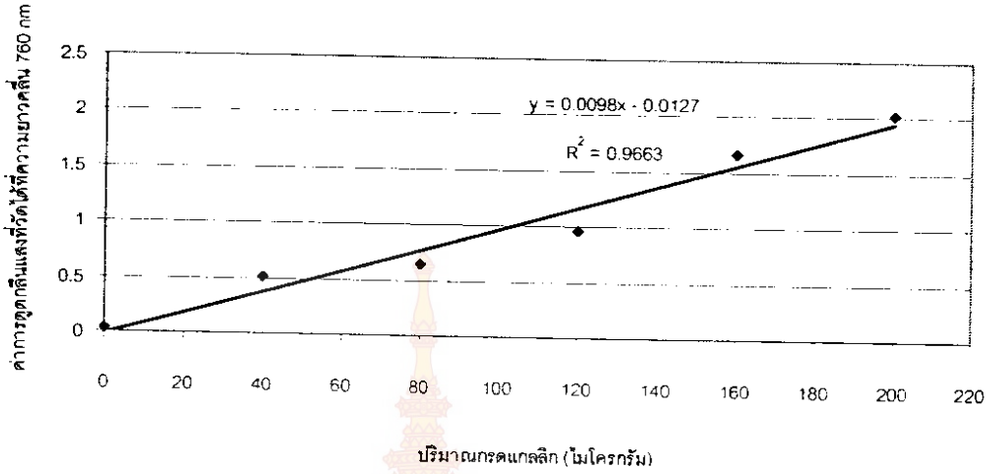
ความเป็นกรดของไวน์วัดได้ในเทอมของค่า titratable acidity หรือเรียกย่อ ๆ ว่า ค่า TA มีหน่วยเป็นกรัมต่อไวน์ 100 ml หรือ % ซึ่งจากการทดลอง %TA มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น สอดคล้องกับค่า pH ที่ลดลงคือมีความเป็นกรดมากขึ้น ค่า TA ในไวน์จะแตกต่างกันตามชนิดของไวน์ถ้าเป็นเทเบิลไวน์มีค่า TA อยู่ระหว่าง 0.55 – 0.85% เช่นไวน์แดงชนิด dry มีค่า TA อยู่ระหว่าง 0.60-0.70 % และชนิดหวานอยู่ระหว่าง 0.65 – 0.80%



ภาพที่ 4.4 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ทั้งหมด

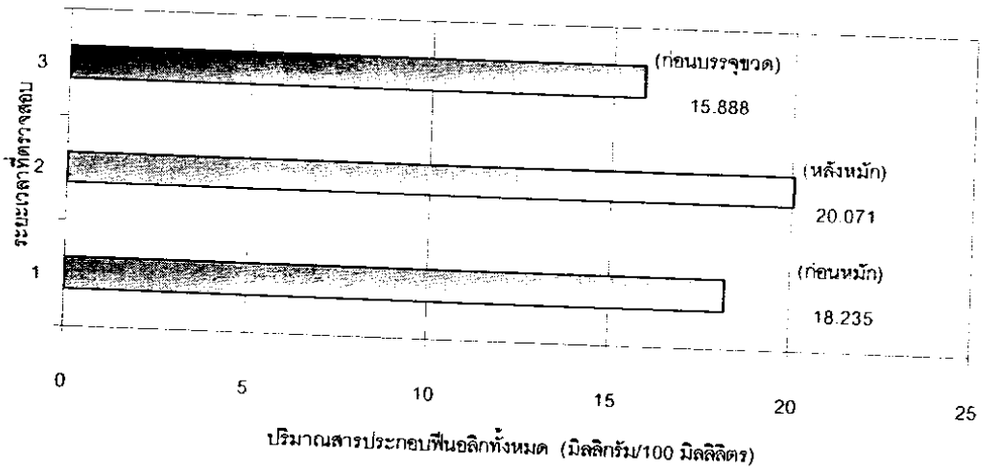
4.3.5 ผลการศึกษาการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin-Ciocalteu

จากการเตรียมกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก ในการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในไวน์หนามแดง กราฟมาตรฐานที่ได้เป็นเส้นตรงและมีสมการเส้นตรง คือ $y = 0.0098x - 0.0127$ โดยมีค่า $R^2 = 0.9663$ ดังแสดงในภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.5 กราฟมาตรฐานของกรดแกลลิกสำหรับใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในไวน์หนามแดง

จากการทดลองวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในไวน์หนามแดงผลการทดลองแสดงในภาพที่ 4.6 จะเห็นว่าปริมาณฟีนอลิกมีแนวโน้มที่ลดลงเมื่อเทียบกับผลน้ำคั้นของลูกหนามแดง ดังแสดงในตารางที่ 4.1 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 38.439 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร ก่อนการหมักมีค่าเท่ากับ 18.235 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร และเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงการหมัก ทำให้หลังหมักมีค่าเท่ากับ 20.071 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร การเพิ่มขึ้นนี้เป็นเพราะมีการหมักแบบเป็น must และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกจะลดลงอีกครั้งเมื่อทำการบ่มทิ้งไว้ ซึ่งจะลดลงเป็น 15.888 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร



ภาพที่ 4.6 กราฟแสดงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในไวน์หนามแดง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

4.3.6 ผลการศึกษาการคำนวณค่าของการเปลี่ยนแปลงสี ค่า Chroma และ ค่า Hue difference

เมื่อพิจารณาค่าสีในไวน์หนามแดง พบว่าค่า L^* ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงความสว่างของไวน์หนามแดงมีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์มีการปนของเนื้อและเปลือกของลูกหนามแดงที่ใสในระหว่างการหมักทำให้ความสว่างของไวน์ลดลง ขณะที่ค่า a^* ซึ่งเป็นค่าที่บอกสีแดงในไวน์หนามแดงเพิ่มขึ้นในช่วงการหมักถึงหลังหมัก สอดคล้องกับผลการทดลองของเกียรติศักดิ์ พลสงคราม (2547) ที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสีในการผลิตไวน์แดงจากลูกหว้า โดยพบว่าสีแดงเกิดจากสารละลาย เอทานอลในไวน์สกัดแอนโทไซยานินออกมาจากเปลือกลูกหว้า ซึ่งสีไวน์จะเข้มขึ้นเรื่อย ๆ ในขณะที่สีจากเปลือกลูกหนามแดงจะจางลงเรื่อย ๆ จนมีสีชมพูอ่อน ๆ และค่า a^* ในช่วงหลังหมักจนถึงก่อนบรรจุขวดจะลดลง แสดงแนวโน้มการเกิดสีน้ำตาล

จากการเปลี่ยนแปลงของค่า L^* และ a^* ดังแสดงผลให้ค่า $\triangle E^*$ เมื่อเทียบระหว่างก่อนหมักและหลังมีค่าเท่ากับ 19.522 และค่า $\triangle E^*$ เมื่อเทียบระหว่างก่อนหมักและก่อนบรรจุขวดมีค่าเท่ากับ 1.061 โดยถ้าค่า $\triangle E^*$ ที่มากกว่า 1 แสดงว่าการเปลี่ยนแปลงของสีเกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า

เมื่อนำค่าสีที่ได้จากการวัดในระบบ CIE L^* a^* b^* มาคำนวณเป็นค่า C^* ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงความเข้มของผลิตภัณฑ์ และค่า ΔH^* ซึ่งค่าที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของเฉดสี ดังแสดงในตารางที่ 4.4 พบว่าในระหว่างการหมักไวน์ และระหว่างการบ่มไวน์ ค่า ΔH^* เพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าในระหว่างการหมักไวน์ และระหว่างการบ่มไวน์ มีการเปลี่ยนแปลงของเฉดสีเกิดขึ้น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

ตารางที่ 4.3 ผลของระยะเวลาการในการหมักและบ่มต่อคุณภาพของไวน์หนามแดง

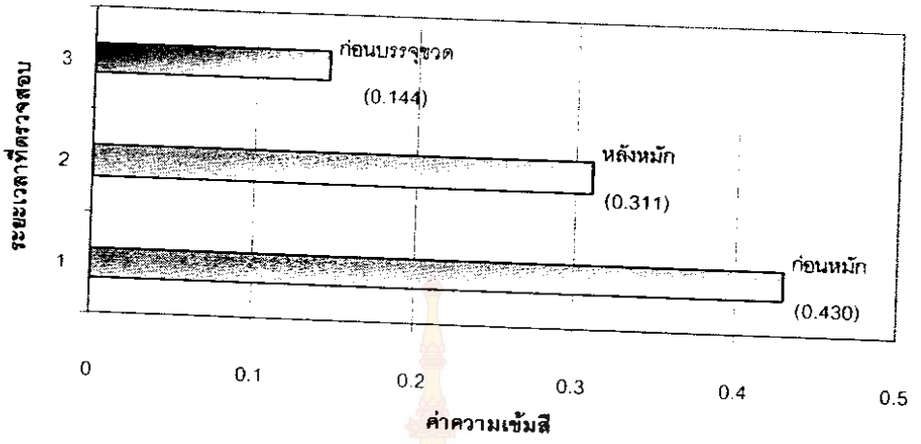
ระยะเวลาที่ตรวจสอบ	**ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด**	**ความเข้มสีทั้งหมด/TCD (O.D. units)**	**ปริมาณสีเพอริเมอริก/PC (O.D. units)**
ก่อนหมัก	18.235±0.000	0.430	0.286
หลังหมัก	20.071±0.001	0.311	0.397
ก่อนบรรจุ	15.888±0.001	0.144	0.461

ตารางที่ 4.4 ผลของระยะเวลาการในการหมักและบ่มต่อค่าสีของไวน์หนามแดง

ระยะเวลาที่ตรวจสอบ	L*	a*	b*	ΔE*	C*	ΔH*
ก่อนหมัก	37.95±0.010	10.30±0.006	4.20±0.010	-	-	-
หลังหมัก	35.63±0.170	29.48±0.284	7.00±0.111	19.522	30.300	2.825
ก่อนบรรจุ	34.65±0.0128	29.12±0.101	6.81±0.038	19.285	29.906	2.869

4.3.7 ผลการศึกษาการวิเคราะห์ความเข้มสีทั้งหมด

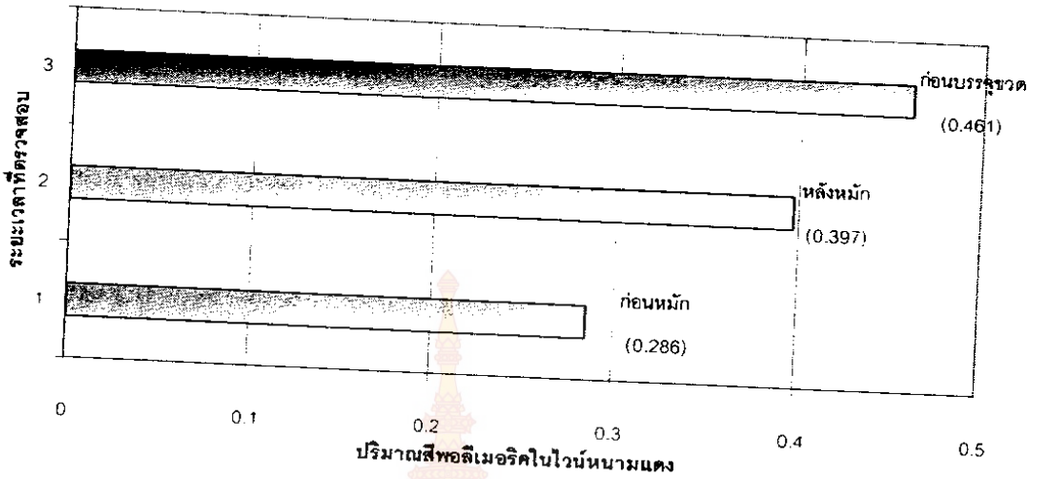
จากการวิเคราะห์ความเข้มสีทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ไวน์หนามแดง พบว่าก่อนหมักไวน์มีค่าความเข้าสีเท่ากับ 0.430 หลังหมักไวน์มีค่าความเข้มสีเท่ากับ 0.311 และก่อนบรรจุขวดมีค่าความเข้มสีเท่ากับ 0.144 จะเห็นว่าค่าสีมีแนวโน้มลดลง ดังแสดงในภาพที่ 4.7



ภาพที่ 4.7 กราฟแสดงค่าความเข้มสีในไวน์หนามแดง

4.3.8 ผลการศึกษาการวิเคราะห์ปริมาณสีพอลิเมอริค

จากการวิเคราะห์ปริมาณสีพอลีเมอริคในไวน์หนามแดง พบว่าค่าสีพอลีเมอริคในผลิตภัณฑ์ไวน์หนามแดงมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นดังนี้คือ การหมักมีค่าสีพอลีเมอริคเท่ากับ 0.286 หลังหมักมีค่าสีพอลีเมอริคเท่ากับ 0.397 และก่อนบรรจุขวดมีค่าสีพอลีเมอริคเท่ากับ 0.461 ดังแสดงในภาพที่ 4.8



ภาพที่ 4.8 กราฟแสดงปริมาณสีพอลีเมอริคในไวน์หนามแดง

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

1. น้ำคั้นที่ได้จากลูกหนามแดงมี pH 2.8±0.2 ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด เท่ากับ 8±0.4 °Brix สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 38.439 ±0.011 mg/100 ml และตรวจไม่พบวิตามินซี

2. จากการศึกษาอัตราส่วนระหว่างน้ำกับลูกหนามแดงที่เหมาะสมต่อการผลิตไวน์ ในอัตราส่วนระหว่างน้ำกับลูกหนามแดงไว้ 3 ระดับ คือ ปริมาณน้ำลูกหนามแดง 20%, 25% และ 30% ของน้ำหนักน้ำ เมื่อนำไวน์หนามแดงไปทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส พบว่าอัตราส่วนระหว่างน้ำกับลูกหนามแดงที่มีปริมาณน้ำลูกหนามแดง 25% ได้รับการยอมรับมากที่สุด ไวน์มีสีทับทิม มีกลิ่นหอมผลไม้ รสชาติกลมกล่อม และมี % แอลกอฮอล์เท่ากับ 12 ค่าความหวานเท่ากับ 10 °Brix ค่า pH เท่ากับ 2.5 และมี % Acidity (as citric acid) เท่ากับ 0.56%

3. จากการศึกษาการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของไวน์หนามแดงที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด พบว่าระยะเวลาในการหมักและแสงสว่างในระหว่างการบ่มไวน์ในขวดพลาสติกใสมีผลต่อปริมาณฟีนอลิก ซึ่งปริมาณฟีนอลิกจะเพิ่มขึ้นในช่วงการหมัก เนื่องจากการหมักเป็นแบบ must (การหมักที่มีการใส่กากลูกหนามแดงลงไปด้วย) แต่ปริมาณฟีนอลิกจะลดลงอีกครั้งเมื่อทำการบ่ม ค่า ΔE^* มีแนวโน้มลดลง แสดงว่าการเปลี่ยนแปลงของสีเกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า และค่า ΔH^* ของไวน์หนามแดงเพิ่มขึ้นแสดงให้เห็นว่าในระหว่างการหมักไวน์ และระหว่างการบ่มไวน์ มีการเปลี่ยนแปลงของเฉดสีเกิดขึ้น ค่า C^* ของไวน์หนามแดงมีค่าลดลง เป็นผลมาจากการเสื่อมสลายของแอนโทไซยานิน ทำให้สีแดงของผลิตภัณฑ์ลดลงซึ่งสัมพันธ์ กับ TCD ที่ลดลงเช่นกัน

บรรณานุกรม

กนกรส คงหอม. 2547. **ผลของน้ำตาลที่มีต่อความคงตัวของแอนโทไซยานินในน้ำลูกหว้าหมัก**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (พฤกษ์เศรษฐกิจ) คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กนกอร ศรีม่วง. 2546. **ผลของน้ำคั้นจากผลยอ** (*Morinda citrifolia* Linn.) **ต่อ การเจริญของยีสต์ทำไวน์สายพันธุ์** *Saccharomyces cerevisiae*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เกียรติศักดิ์ พลสงคราม. 2547. **การผลิตไวน์แดงจากลูกหว้า**. รายงานการวิจัย. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพายัพ.

จารวี สุขประเสริฐ. 2547. **การคัดเลือกสารสกัดจากพืชสมุนไพรที่มีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องในการผลิตไวน์**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

จิตติมา ดำรงวัฒนา. 2547. **มะไฟลี (ศึกษาปัญหา และอุปสรรค และแนวทางในการแก้ไขการรวมกลุ่มทำไวน์มะไฟลีของกลุ่มรักสมุนไพรีบ้านปลายอวน อำเภอพรหมคีรี จังหวัดนครศรีธรรมราช)**. โปรแกรมวิชาการพัฒนาชุมชน. คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช.

นิจศิริ เรืองรังสี. 2547. **สมุนไพรไทย เล่ม 1**. กรุงเทพฯ : บีเฮลท์ตี้.

ประดิษฐ์ ครุวัณณา. 2546. **ไวน์ : ศาสตร์และศิลป์**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พงศ์กลม พงศ์สยาม. 2547. **การใช้วิธีทำให้เข้มข้นในการผลิตไวน์หม่อน** (*Morus alba* L.). วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

รุ่งทิวา วงศ์ไพศาลฤทธิ์. 2549. **สมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของสารสกัดจากเปลือกและเมล็ดส้มเขียวหวาน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์การอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ศุภสิทธิ์ ดีรักษา. 2548. **การเปรียบเทียบคุณภาพไวน์มังคุดที่ได้จากการหมักโดยใช้เชื้อจุลินทรีย์ธรรมชาติและเชื้อยีสต์บริสุทธิ์**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

เสกสรร วงศ์ศิริ. 2546. **ผลของกระบวนการผลิตและการเก็บรักษาต่อเสถียรภาพของแอนโทไซยานินในน้ำเม่า**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,.

อธิชิต ชื่นชูจิตร. 2545. **ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตสปาร์คลิงไวน์หม่อน** *Morus alba* L. **โดยวิธีหมักในขวด**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย3

เอื้อมพร วีสมหมาย. ม.ป.ป. **"ฐานข้อมูลพรรณไม้ที่ใช้ในงานสถาปัตยกรรม"** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://158.108.89.200/agbbc/Plant%20for%20Landscape%20WebSite/Webpage/Shrubs/%E0%B8%AB%E0%B8%99%E0%B8%B2%E0%B8%A1%E0%B9%81%E0%B8%94%E0%B8%87.html (วันที่สืบค้น 27 ธันวาคม 2550)