บทที่ 4

ผลการทดลอง

1. การวิเคราะห์วัตถุดิบ

1.1 องค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของผลหม่อน

ผลหม่อน (*Morus alba* L.) ที่ใช้ในการศึกษาเป็นพันธุ์จีน ผลสุกสีม่วง มีอายุประมาณ 60 วัน ผลหม่อนมีองค์ประกอบดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบทางเคมีต่างๆ ของผลหม่อน

องค์ประกอบ	ปริมาณ
ความชื้น (%)	78.55 ± 1.12
โปรตีน (%)	2.59 ± 0.14
ไขมัน (%)	0.27 ± 0.08
เถ้าทั้งหมด (%)	0.86 ± 0.01
เส้นใย (%)	1.39 ± 0.07
คาร์โบไฮเดรท (%)	17.18 ±1.11
เพคติน (ในรูปแคลเซียมเพคเตท) (%)	0.46 ± 0.06
ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (° Brix)	18.00 ± 0.00
น้ำตาลรีดิวซ์ (ในรูปกลูโคส) (%)	15.32 ± 0.18
ปริมาณกรด (ในรูปกรดซิตริก) (%)	0.44 ± 0.02
พีเอช (pH)	5.11 ± 0.00
สารประกอบฟีนอลิค (ในรูปกรดแกลลิค) (มก./ลิตร)	2444.20 ± 0.24
แอนโธไซยานิน (มก./ลิตร)	550.89 ± 0.30

1.2 การวัดค่ากิจกรรมของเอนไซม์ของผลหม่อน

นำผลหม่อนสุกสีม่วงมาคั้นน้ำ เพื่อวัดกิจกรรมของเอนไซม์ pectinesterase (PE) และ polygalacturonase (PG) ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่ากิจกรรมของเอนไซม์ PE และ PG ในผลหม่อน

เอนไซม์	ค่ากิจกรรมของเอนไซม์
pectinesterase (PMU/ml) [1]	6.00 ± 0.11
polygalacturonase (PGu/ml) [2]	1.28 ± 0.03

[1] PMU/ml : มิลลิกรัมของหมู่เมทิลหรือ methoxyl group ที่ถูกตัดด้วยเอนไซม์ PE จำนวน 1 มิลลิลิตร ในเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

[2] PGu/ml : milliequivalent ของ reducing group (power) ในรูปของ galacturonic acid ที่เกิดขึ้นจากการเติมเอนไซม์จำนวน 1 มิลลิลิตร/นาที

1.3 การวัดค่ากิจกรรมของเอนไซม์ของเพคติเนสเอนไซม์

เพคติเนสเอนไซม์ที่ใช้ในการศึกษาเป็น commercial grade มีชื่อทางการค้า Pectinex Ultra SP-L ผลิตโดยบริษัท Novo Nordisk, Ferment Ltd. ประเทศสวิสเซอร์แลนด์ นำมาวัดกิจกรรมของเอนไซม์ pectinesterase (PE) และ polygalacturonase (PG) ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ค่ากิจกรรมของเอนไซม์ PE และ PG ในเพคติเนสเอนไซม์

เอนไซม์	ค่ากิจกรรมของเอนไซม์
pectinesterase (PMU/ml) [1]	18.10 ± 0.06
polygalacturonase (PGu/ml) [2]	2.19 ± 0.03

[1] PMU/ml : มิลลิกรัมของหมู่เมทิลหรือ methoxyl group ที่ถูกตัดด้วยเอนไซม์ PE จำนวน 1 มิลลิลิตร ในเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

[2] PGu/ml : milliequivalent ของ reducing group (power) ในรูปของ galacturonic acid ที่เกิดขึ้นจากการเติมเอนไซม์จำนวน 1 มิลลิลิตร/นาที

2. การวิเคราะห์องค์ประกอบต่างๆ และสมบัติทางกายภาพบางประการของน้ำหมัก (must)

ผลการศึกษาพบว่า น้ำหมักที่ปรับปริมาณกรดเริ่มต้นร้อยละ 0.4 และร้อยละ 0.6 มีองค์ประกอบทางเคมี และสมบัติทางกายภาพส่วนใหญ่ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ยกเว้นปริมาณเมทิลแอลกอฮอล์ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ค่า Hue ค่า pH และปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดซิตริก) โดยน้ำหมักที่ปรับปริมาณกรดเริ่มต้นร้อยละ 0.4 มีปริมาณเมทิลแอลกอฮอล์ ค่า pH และค่า Hue สูงกว่าน้ำหมักที่ปรับปริมาณกรดเริ่มต้นร้อยละ 0.6 แต่มีปริมาณกรดทั้งหมด และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 องค์ประกอบต่างๆ และสมบัติทางกายภาพของน้ำหมัก

องค์ประกอบและสมบัติทางกายภาพ	ปริมาณกรดเริ่มต้นในน้ำหมัก		
	0.4 %	0.6 %	F-Test
เมทิลแอลกอฮอล์ (มก./ลิตร)	2.40 ± 0.48	0.41 ± 0.06	*
แอนโธไซยานิน (มก./ลิตร)	183.59 ± 0.12	183.67 ± 0.11	ns
สารประกอบฟีนอลิค (ในรูปกรดแกลลิค) (มก./ลิตร)	814.98 ± 2.41	814.48 ± 2.42	ns
กรดระเหย (ในรูปกรดอะซีติก) (%)	0.004 ± 0.01	0.004 ± 0.01	ns
อะเซทัลดีไฮด์ (มก./ลิตร)	12.39 ± 0.31	12.37 ± 0.32	ns
เอสเทอร์ (ในรูปเอทิลอะซีเตท) (มก./ลิตร)	0.97 ± 0.21	0.94 ± 0.21	ns
แอลกอฮอล์ (% โดยปริมาตร)	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	ns
ปริมาณกรด (ในรูปกรดซิตริก) (%)	0.41 ± 0.01	0.60 ± 0.01	*
ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (° Brix)	16.98 ± 0.03	17.80 ± 0.00	*
น้ำตาลรีดิวซ์ (ในรูปกลูโคส) (%)	18.66 ± 0.01	18.67 ± 0.01	ns
พีเอช (pH)	3.83 ± 0.10	3.44 ± 0.01	*
ค่าสี (Hue)	0.532 ± 0.02	0.503 ± 0.01 b	*
ความใส (% Transmittance)	44.50 ± 0.12	44.50 ± 0.13	ns
pectinesterase activity (PMU/ml) [1]	2.88 ± 0.06	2.83 ± 0.10	ns
polygalacturonase activity (PGu/ml) [2]	0.63 ± 0.02	0.59 ± 0.01	ns

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ns ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

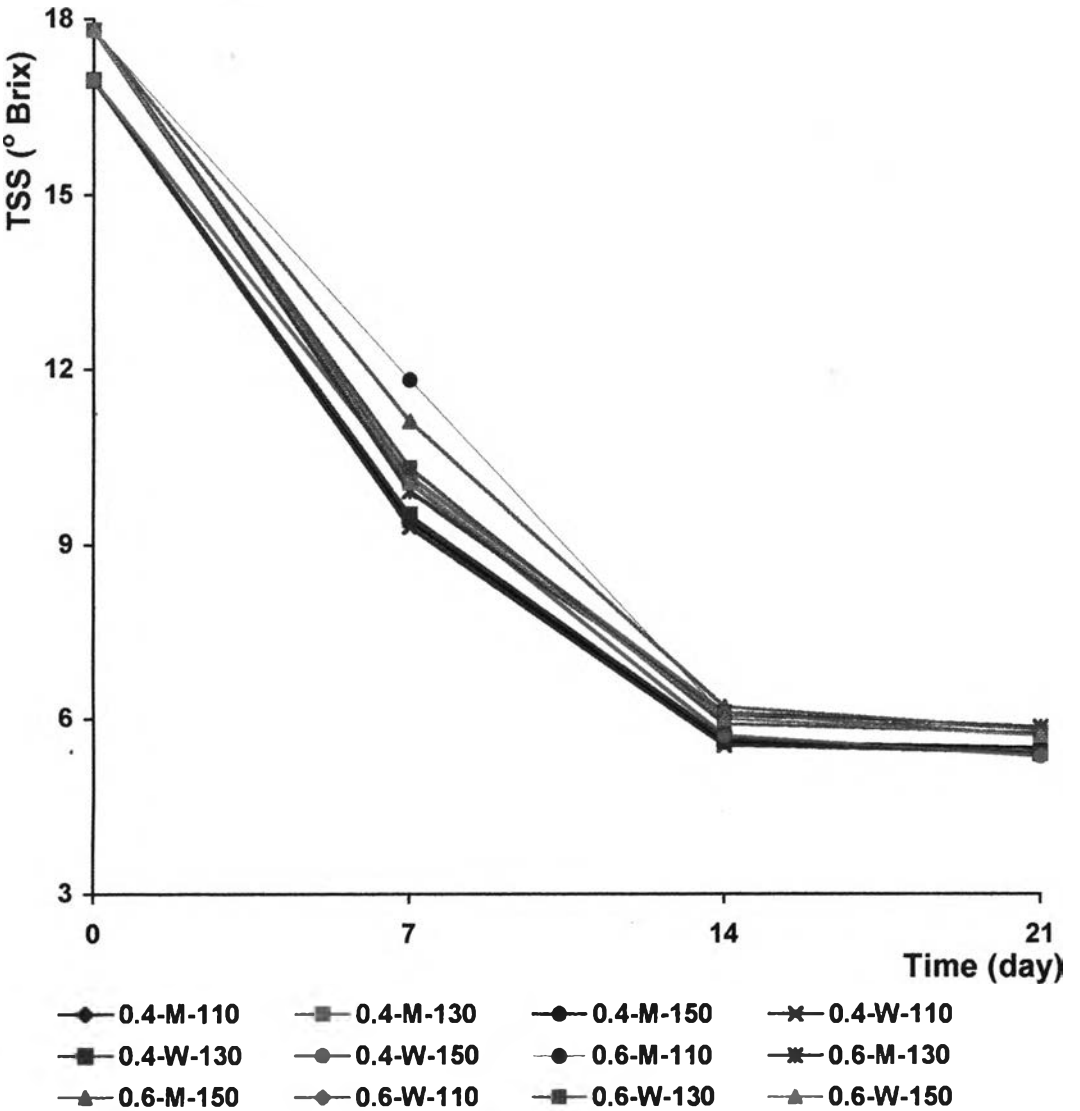
[1] PMU/ml : มิลลิกรัมของหมู่เมทิลหรือ methoxyl group ที่ถูกตัดด้วยเอนไซม์ PE จำนวน 1 มิลลิลิตร ในเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

[2] PGu/ml : milliequivalent ของ reducing group (power) ในรูปของ galacturonic acid ที่เกิดขึ้นจากการเติมตัวอย่างจำนวน 1 มิลลิลิตร/นาที

3. การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณเมทิลแอลกอฮอล์และคุณภาพบางประการของไวน์หม่อน

3.1 <u>การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีและกายภาพบางประการระหว่างการหมักไวน์หม่อน</u>

ในระหว่างการหมักไวน์หม่อนนาน 21 วัน สุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ปริมาณของของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (^{o}Brix) ปริมาณแอลกอฮอล์ ปริมาณกรด (ในรูปกรดซิตริก) และค่า pH ที่เปลี่ยนแปลงระหว่างการหมักทุก 7 วัน พบว่าปริมาณของของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดลดลงระหว่างการหมัก ปริมาณแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้นระหว่างการหมัก ส่วนปริมาณกรดจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นในช่วง 7 วันแรกของการหมัก แล้วลดลงเล็กน้อยเมื่อสิ้นสุดการหมัก ซึ่งปริมาณกรดจะสูงกว่าในน้ำหมัก ค่า pH ในระหว่างการหมักจะลดลงในช่วง 7 วันแรกของการหมัก จากนั้นจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงหลังของการหมัก แต่ค่า pH ของไวน์หม่อนจะมีค่าต่ำกว่าในน้ำหมัก ได้ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.1-4.4 และตารางภาคผนวก ค. 1-ค. 4



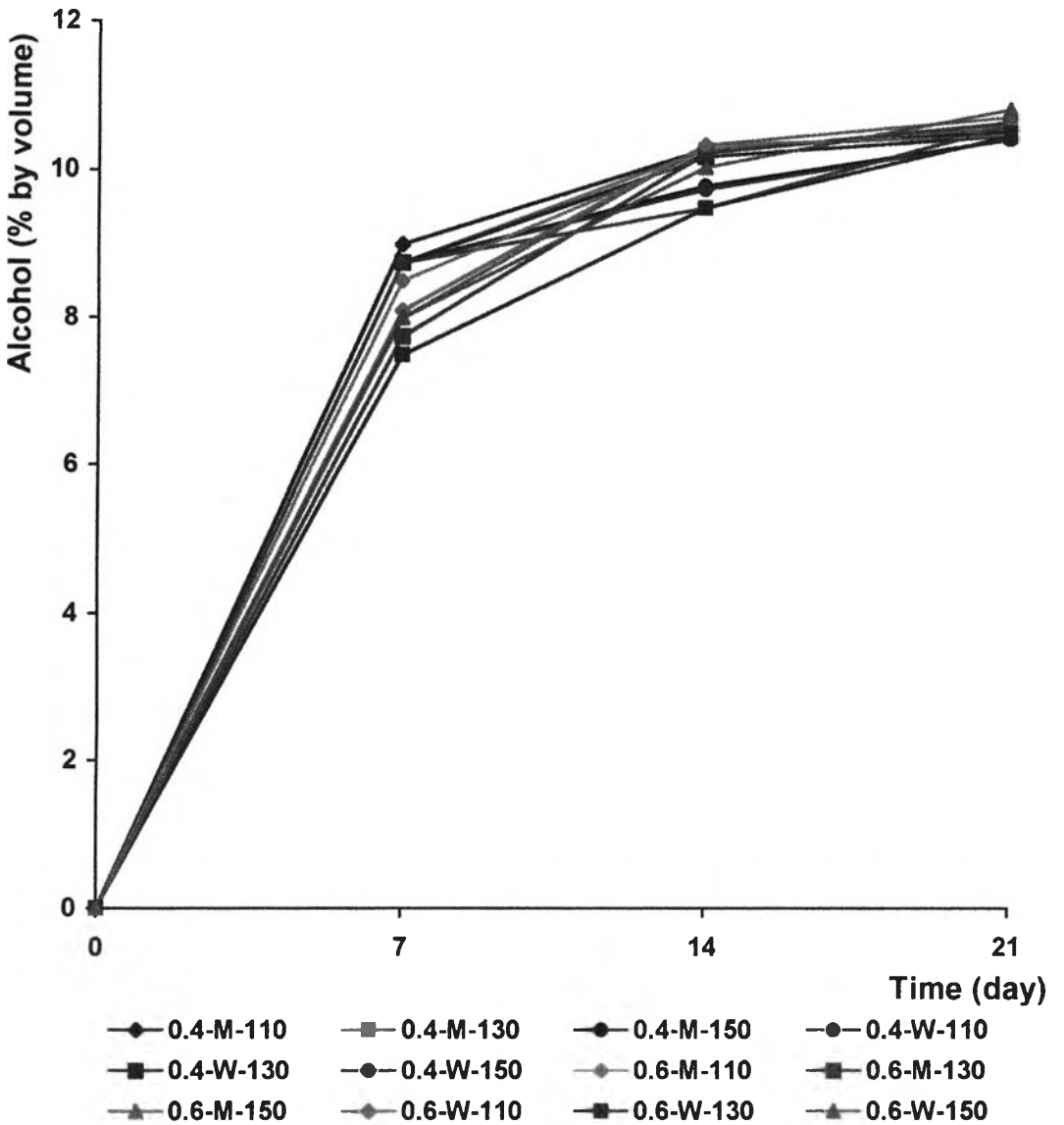
รูปที่ 4.1 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในระหว่างการหมักไวน์หม่อนที่ปริมาณกรดเริ่มต้น ขั้นตอนการเติมเอนไซม์ และปริมาณเอนไซม์ต่างกัน

0.4, 0.6 = ปริมาณกรดเริ่มต้นของน้ำหมัก (%)

M = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์ในน้ำหมัก

W = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์หลังหมักหรือในไวน์ใหม่หลังหมัก

110, 130, 150 = ปริมาณเพคติเนสเอนไซม์ที่เติม (มก./กก.)



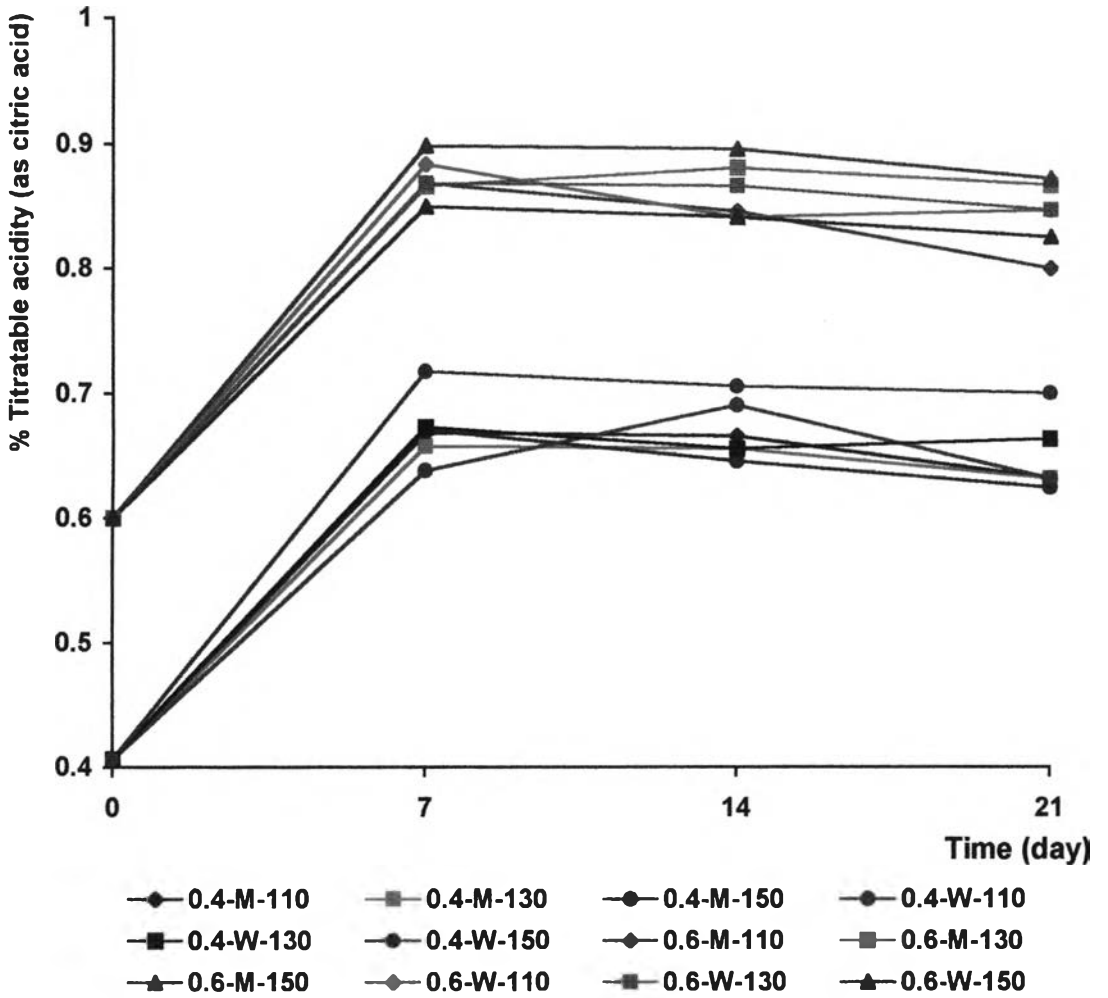
รูปที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณแอลกอฮอล์ในระหว่างการหมักไวน์หม่อนที่ปริมาณกรดเริ่มต้น ขั้นตอนการเติมเอนไซม์ และปริมาณเอนไซม์ต่างกัน

0.4, 0.6 = ปริมาณกรดเริ่มต้นของน้ำหมัก (%)

M = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์ในน้ำหมัก

W = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์หลังหมักหรือในไวน์ใหม่หลังหมัก

110, 130, 150 = ปริมาณเพคติเนสเอนไซม์ที่เติม (มก./กก.)



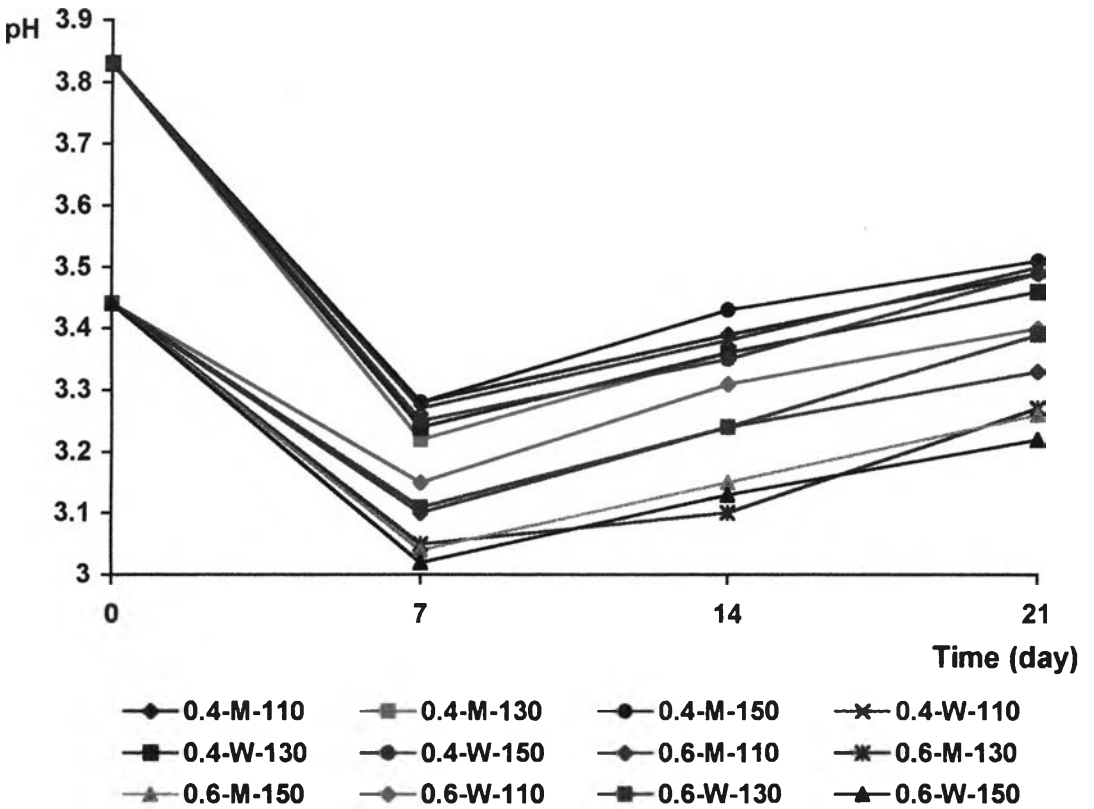
รูปที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรด (ในรูปกรดซิตริก) ในระหว่างการหมักไวน์หม่อนที่ปริมาณกรดเริ่มต้น ขั้นตอนการเติมเอนไซม์ และปริมาณเอนไซม์ต่างกัน

0.4, 0.6 = ปริมาณกรดเริ่มต้นของน้ำหมัก (%)

M = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์ในน้ำหมัก

W = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์หลังหมักหรือในไวน์ใหม่หลังหมัก

110, 130, 150 = ปริมาณเพคติเนสเอนไซม์ที่เติม (มก./กก.)



รูปที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงของค่า pH ในระหว่างการหมักไวน์หม่อนที่ปริมาณกรดเริ่มต้น ขั้นตอนการเติมเอนไซม์ และปริมาณเอนไซม์ต่างกัน

0.4, 0.6 = ปริมาณกรดเริ่มต้นของน้ำหมัก (%)

M = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์ในน้ำหมัก

W = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์หลังหมักหรือในไวน์ใหม่หลังหมัก

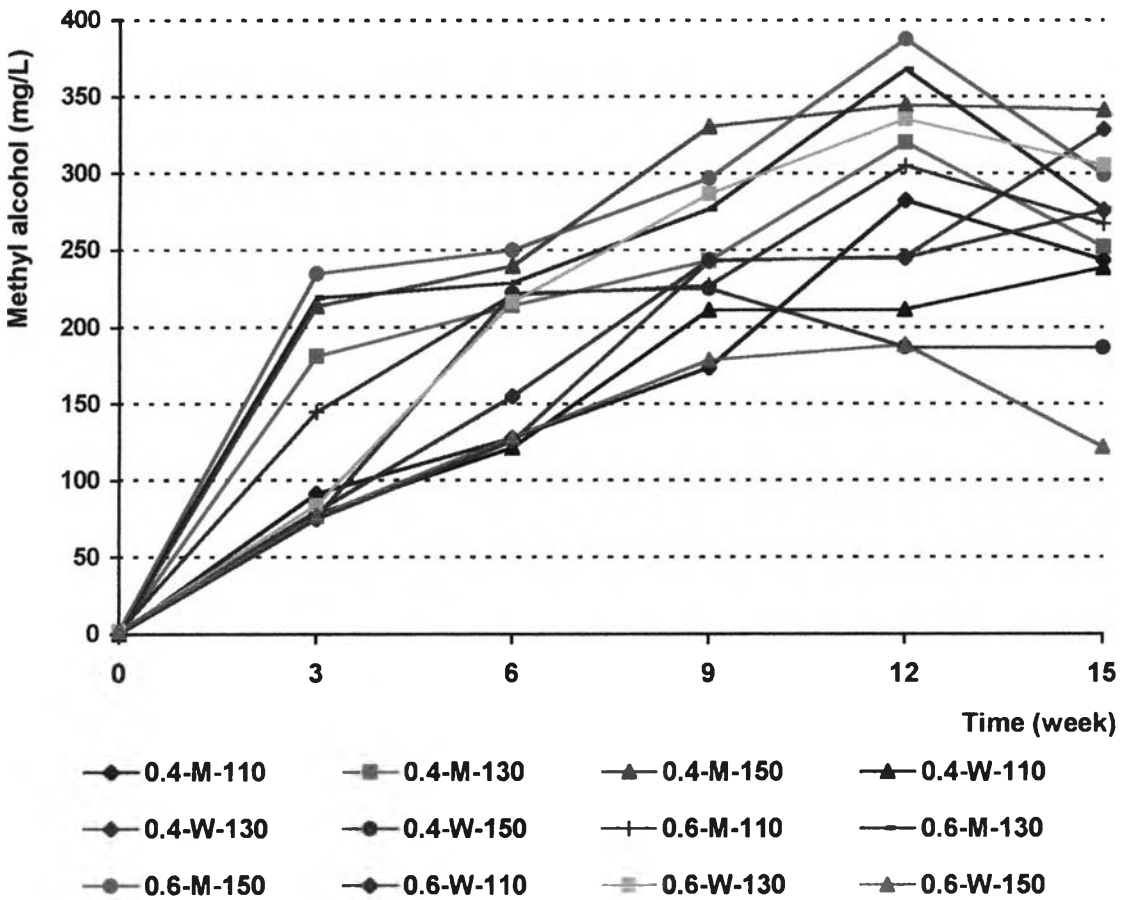
110, 130, 150 = ปริมาณเพคติเนสเอนไซม์ที่เติม (มก./กก.)

3.2 <u>ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณเมทิลแอลกอฮอล์ระหว่างการหมักและการบ่มไวน์หม่อน</u>

เก็บตัวอย่างน้ำหมัก ไวน์หม่อนหลังหมัก และไวน์หม่อนระหว่างการบ่มที่อุณหภูมิ 5 ± 2 องศาเซลเซียส นาน 12 สัปดาห์ วิเคราะห์ปริมาณเมทิลแอลกอฮอล์ โดยวิเคราะห์ทุก3 สัปดาห์

3.2.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเมทิลแอลกอฮอล์ระหว่างการหมักและบ่มของไวน์หม่อน

ผลการทดลองแสดงดังในรูปที่ 4.5 และตารางภาคผนวก ค. 5



รูปที่ 4.5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเมทิลแอลกอฮอล์ที่เกิดขึ้นที่ระยะเวลาต่างๆเนื่องจากอิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณกรดเริ่มต้นของน้ำหมัก ขั้นตอนการเติมเพคติเนสเอนไซม์ และปริมาณเอนไซม์ต่างกัน

0.4, 0.6 = ปริมาณกรดเริ่มต้นของน้ำหมัก (%)

M = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์ในน้ำหมัก

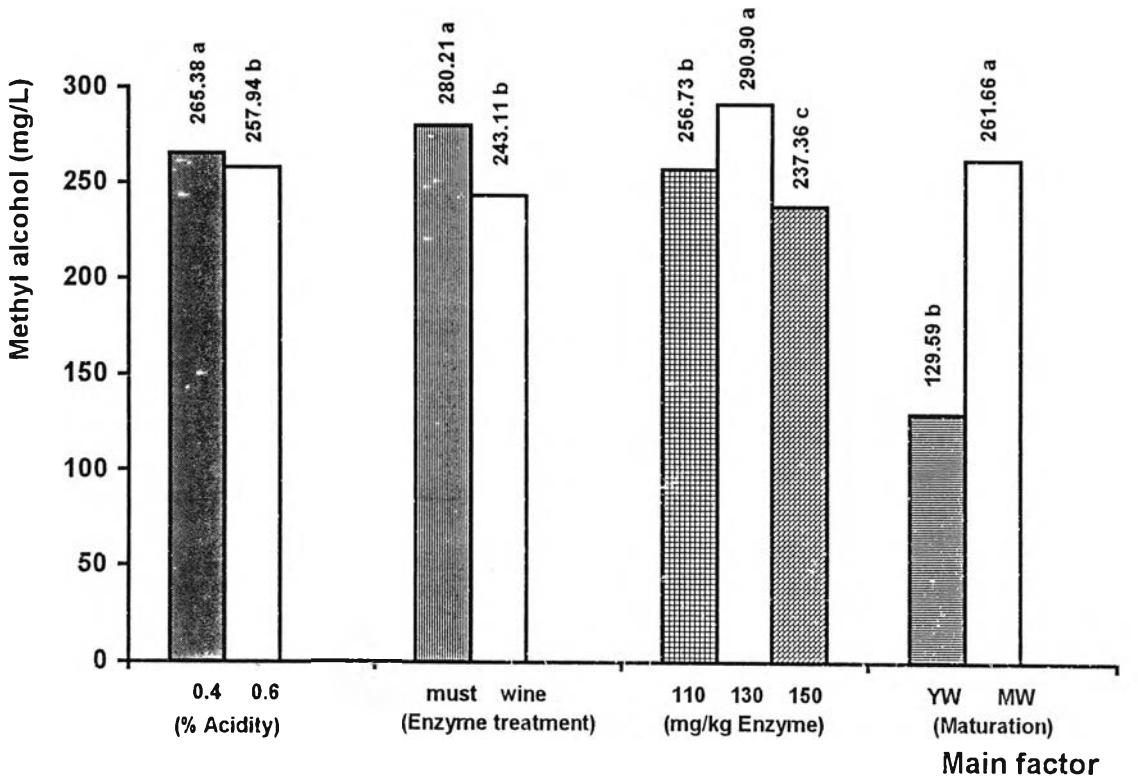
W = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์หลังหมักหรือในไวน์ใหม่หลังหมัก

110, 130, 150 = ปริมาณเพคติเนสเอนไซม์ที่เติม (มก./กก.)

3.2.2 อิทธิพลของปริมาณกรดเริ่มต้น ขั้นตอนการเติมเพคติเนสเอนไซม์ ปริมาณเอนไซม์ที่เติม และการบ่ม (maturation) ที่มีต่อปริมาณเมทิลแอลกอฮอล์ของไวน์หม่อน

3.2.2.1 อิทธิพลของปริมาณกรดเริ่มต้น ขั้นตอนการเติมเพคติเนสเอนไซม์ ปริมาณเอนไซม์ที่เติม และการบ่มที่มีต่อปริมาณเมทิลแอลกอฮอล์ของไวน์หม่อน

ผลการทดลองพบว่า โดยเฉลี่ยแล้วไวน์หม่อนจากน้ำหมักที่ปรับปริมาณกรดเริ่มต้นร้อยละ 0.4 มีปริมาณเมทิลแอลกอฮอล์สูงกว่าไวน์หม่อนที่ปรับปริมาณกรดเริ่มต้นร้อยละ 0.6 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยมีปริมาณ 265.38 มก./ลิตร การะเติมเพคติเนสเอนไซม์ในน้ำหมักมีผลให้ปริมาณเมทิลแอลกอฮอล์ของไวน์หม่อนเป็น 280.21 มก./ลิตร ซึ่งสูงกว่าการเติมเอนไซม์ในไวน์หม่อนหลังหมักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และปริมาณเอนไซม์ที่เติม 130 มก./กก. มีผลให้ปริมาณเมทิลแอลกอฮอล์สูงสุดคือ 290.90 มก./ลิตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การบ่มมีผลให้ไวน์หม่อนหลังบ่มมีปริมาณเมทิลแอลกอฮอล์สูงกว่าไวน์หม่อนก่อนบ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีปริมาณ 261.66 มก./ลิตร ผลดังแสดงในรูปที่ 4.6 และตารางภาคผนวก ค. 6 อย่างไรก็ตามปริมาณเมทิลแอลกอฮอล์ มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากอิทธิพลร่วมของปัจจัยหลักทั้ง 3 ปัจจัย



รูปที่ 4.6 อิทธิพลของปริมาณกรดเริ่มต้น ขั้นตอนการเติมเพคติเนสเอนไซม์ ปริมาณเอนไซม์ที่เติมและการบ่มที่มีต่อปริมาณเมทิลแอลกอฮอล์ของไวน์หม่อน

a,b,c แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

must = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์ในน้ำหมัก

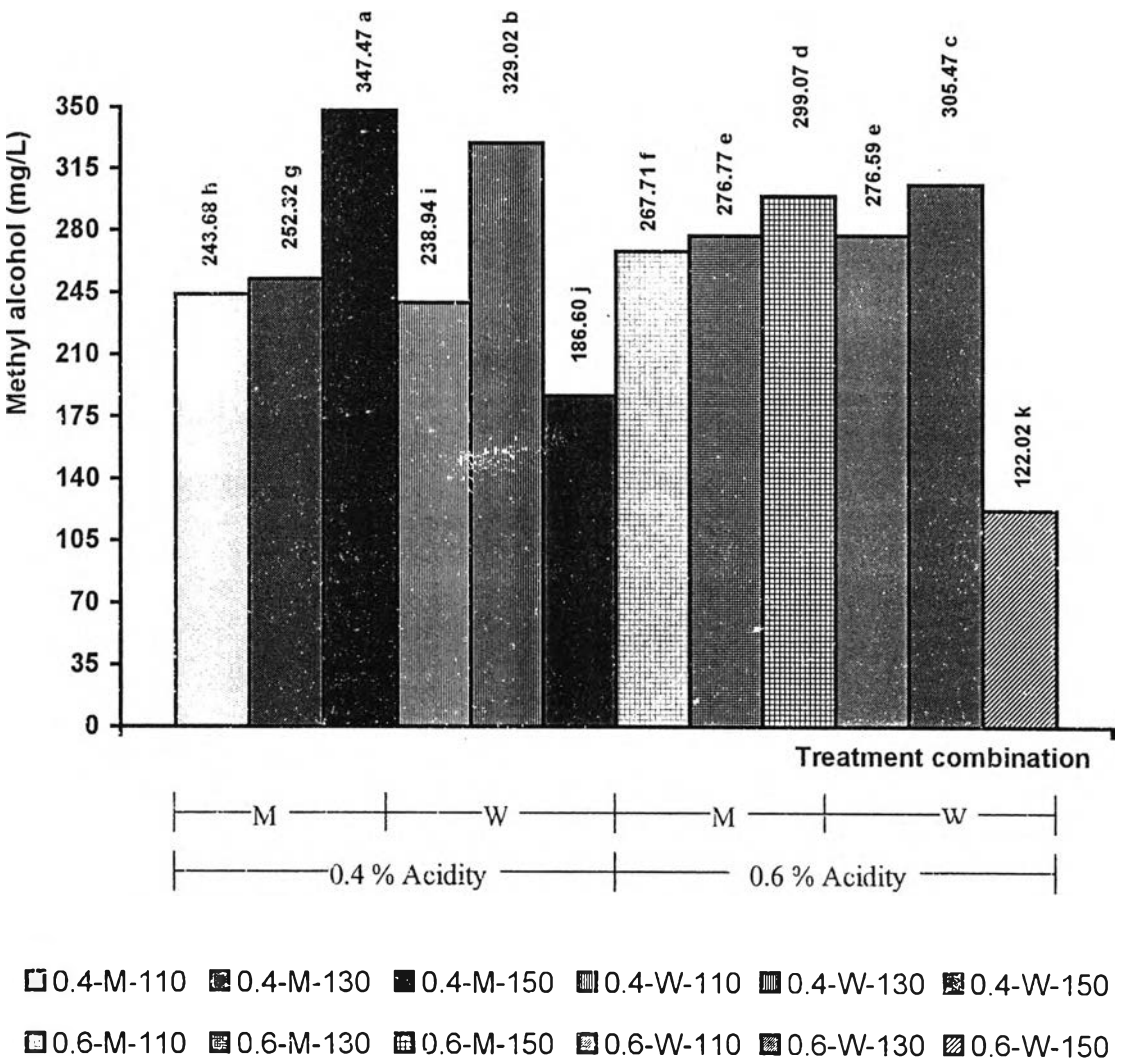
wine = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์หลังหมักหรือในไวน์ใหม่หลังหมัก

YW = ไวน์หม่อนใหม่ (young wine) หรือไวน์ก่อนบ่ม

MW = ไวน์หม่อนหลังบ่ม (matured wine)

3.2.2.2 อิทธิพลร่วมของปริมาณกรดเริ่มต้น ขั้นตอนการเติมเพคติเนสเอนไซม์ และปริมาณเอนไซม์ต่อปริมาณเมทิลแอลกอฮอล์ของไวน์หม่อน

ไวน์หม่อนจากน้ำหมักที่ปรับปริมาณกรดเริ่มต้นร้อยละ 0.4 เติมเพคติเนสเอนไซม์ในน้ำหมักปริมาณ 150 มก./กก. มีปริมาณเมทิลแอลกอฮอล์สูงสุดเป็น 347.47 มก./ลิตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.7 และตารางภาคผนวก ค. 7



รูปที่ 4.7 อิทธิพลร่วมของปริมาณกรดเริ่มต้น ขั้นตอนการเติมเพคติเนสเอนไซม์ และปริมาณเอนไซม์ที่เติมที่มีต่อปริมาณเมทิลแอลกอฮอล์ของไวน์หม่อน

0.4, 0.6 = ปริมาณกรดเริ่มต้นของน้ำหมัก (%)

M = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์ในน้ำหมัก

W = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์หลังหมักหรือในไวน์ใหม่หลังหมัก

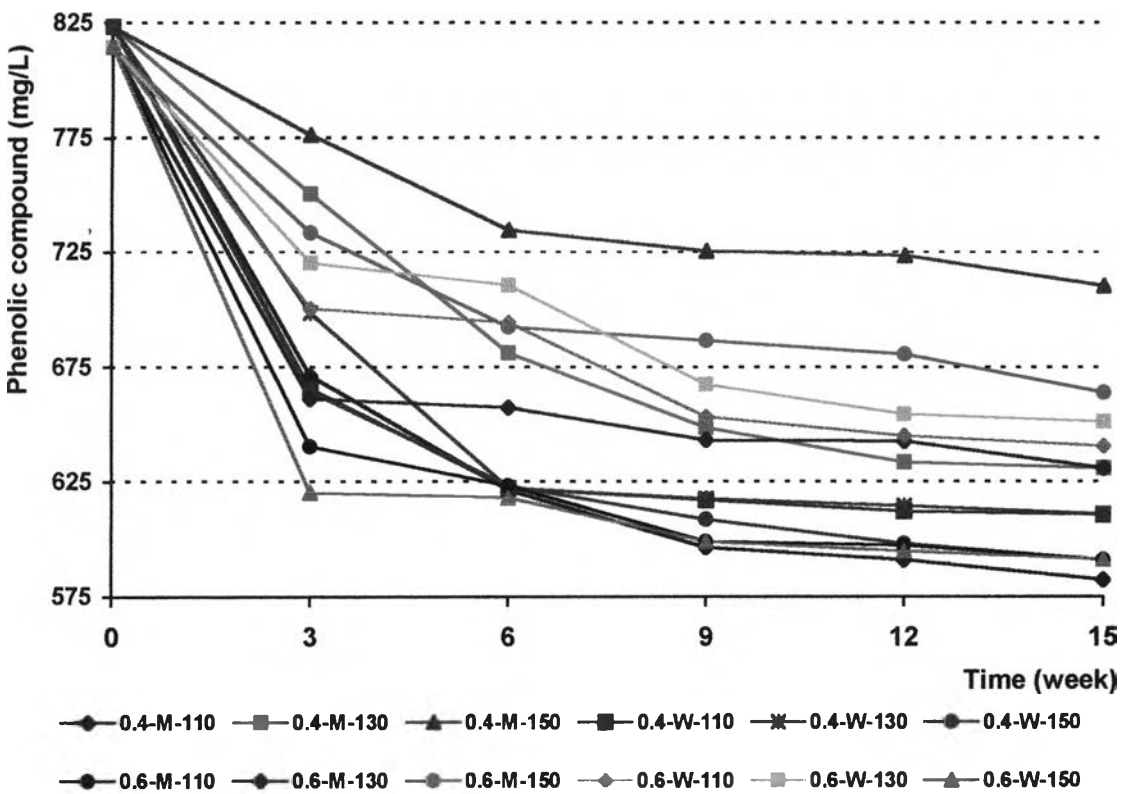
110, 130, 150 = ปริมาณเพคติเนสเอนไซม์ที่เติม (มก./กก.)

3.3 ปัจจัยที่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมี และกายภาพระหว่างการหมักและการบ่มไวน์หม่อน

เก็บตัวอย่างน้ำหมัก ไวน์หม่อนหลังหมัก และไวน์หม่อนระหว่างการบ่มที่อุณหภูมิ 5 ± 2 องศาเซลเซียส นาน 12 สัปดาห์ วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และกายภาพบางประการคือ แอนโธไซยานิน สารประกอบฟีนอลิค (ในรูปกรดแกลลิค) กรดระเหย (ในรูปกรดอะซีติก) อะเซทัลดีไฮด์ เอสเทอร์ (ในรูปเอทิลอะซีเตท) แอลกอฮอล์ ปริมาณกรด (ในรูปกรดซิตริก) น้ำตาลรีดิวซ์ (ในรูปกลูโคส) ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (° Brix) ค่า pH ค่าสี (Hue) ความใส (% Transmittance) โดยวิเคราะห์ทุก 3 สัปดาห์ ส่วนปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์อิสระ (free sulfur dioxide) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ถูกตรึง (bound sulfur dioxide) และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทั้งหมด (total sulfur dioxide) วิเคราะห์ในระหว่างการบ่มไวน์หม่อนทุก 3 สัปดาห์ เป็นระยะเวลานาน 12 สัปดาห์

3.3.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณองค์ประกอบทางเคมี และกายภาพระหว่างการหมักและบ่มของไวน์หม่อน

ผลการทดลองแสดงดังในรูปที่ 4.8-4.22 และตารางภาคผนวก ค.8 –ค.22



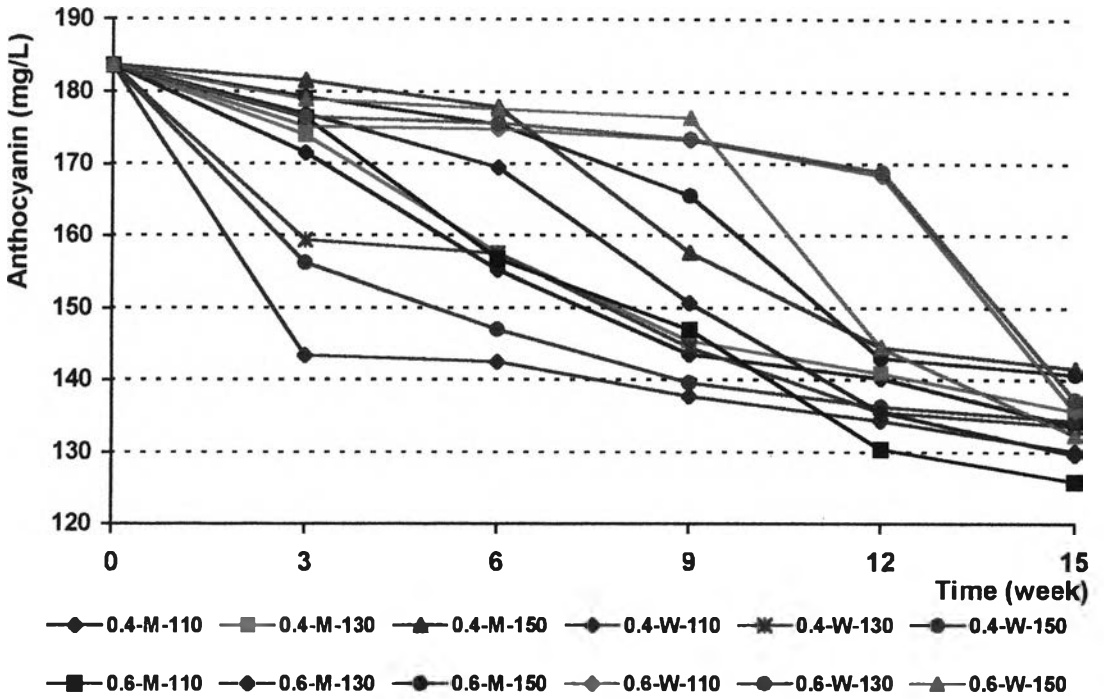
รูปที่ 4.8 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่ระยะเวลาต่างๆ เนื่องจากอิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณกรดเริ่มต้นของน้ำหมัก ขั้นตอนการเติมเพคติเนสเอนไซม์ และปริมาณเอนไซม์ต่างกัน

0.4, 0.6 = ปริมาณกรดเริ่มต้นของน้ำหมัก (%)

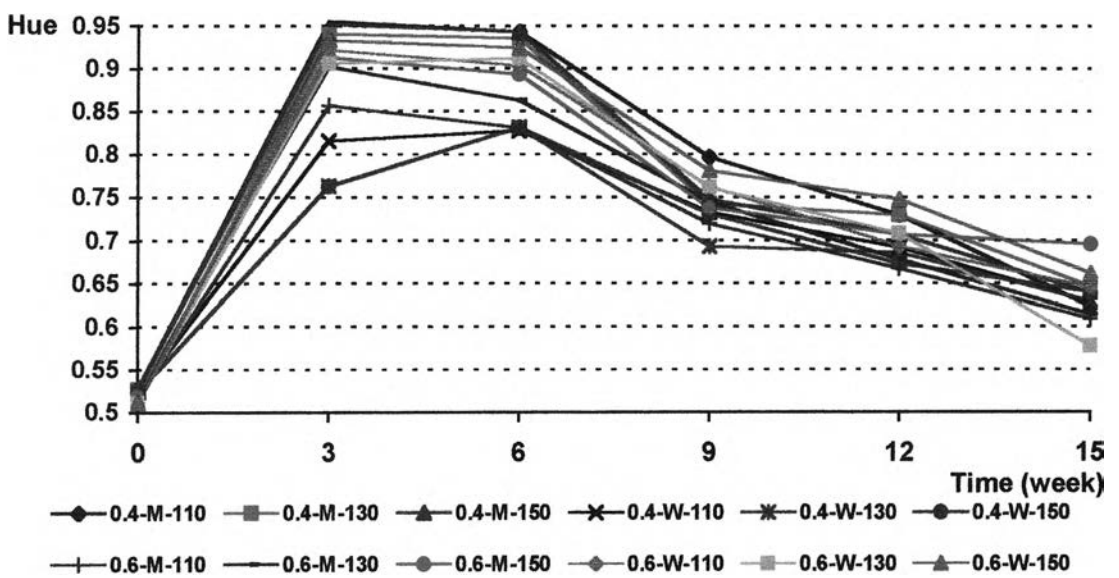
M = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์ในน้ำหมัก

W = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์หลังหมักหรือในไวน์ใหม่หลังหมัก

110, 130, 150 = ปริมาณเพคติเนสเอนไซม์ที่เติม (มก./กก.)



รูปที่ 4.9 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอนโธไซยานินที่เกิดขึ้นที่ระยะเวลาต่างๆ เนื่องจากอิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณกรดเริ่มต้นของน้ำหมัก ขั้นตอนการเติมเพคติเนสเอนไซม์ และปริมาณเอนไซม์ต่างกัน



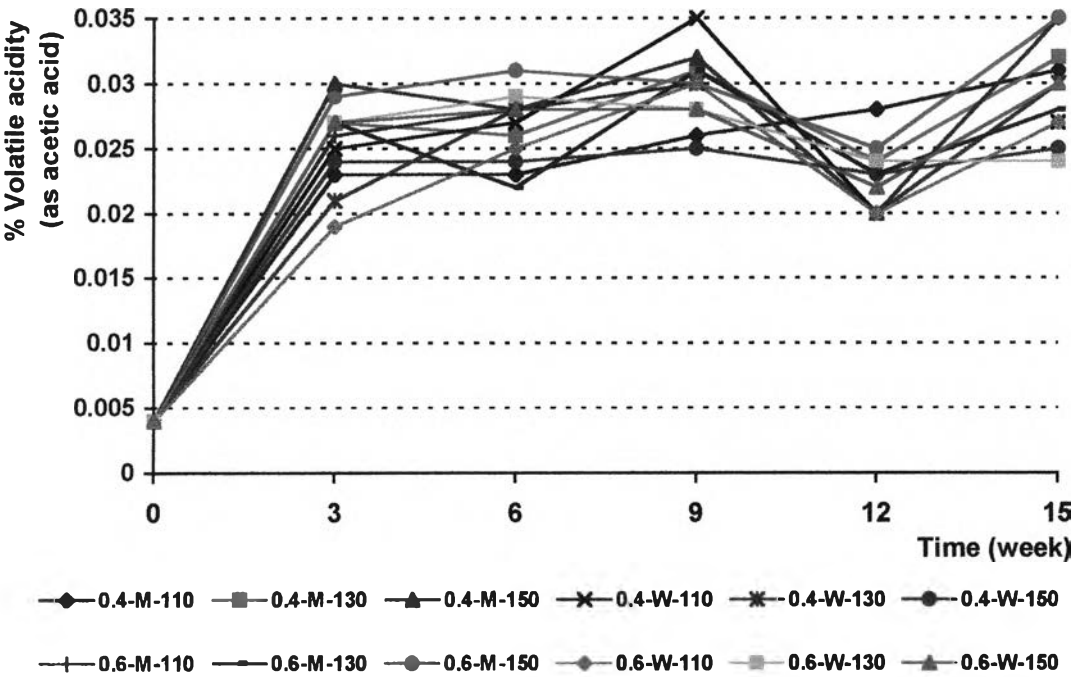
รูปที่ 4.10 การเปลี่ยนแปลงค่าสี (Hue) ที่ระยะเวลาต่างๆ เนื่องจากอิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณกรดเริ่มต้นของน้ำหมัก ขั้นตอนการเติมเพคติเนสเอนไซม์ และปริมาณเอนไซม์ต่างกัน

0.4, 0.6 = ปริมาณกรดเริ่มต้นของน้ำหมัก (%)

M = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์ในน้ำหมัก

W = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์หลังหมักหรือในไวน์ใหม่หลังหมัก

110, 130, 150 = ปริมาณเพคติเนสเอนไซม์ที่เติม (มก./กก.)



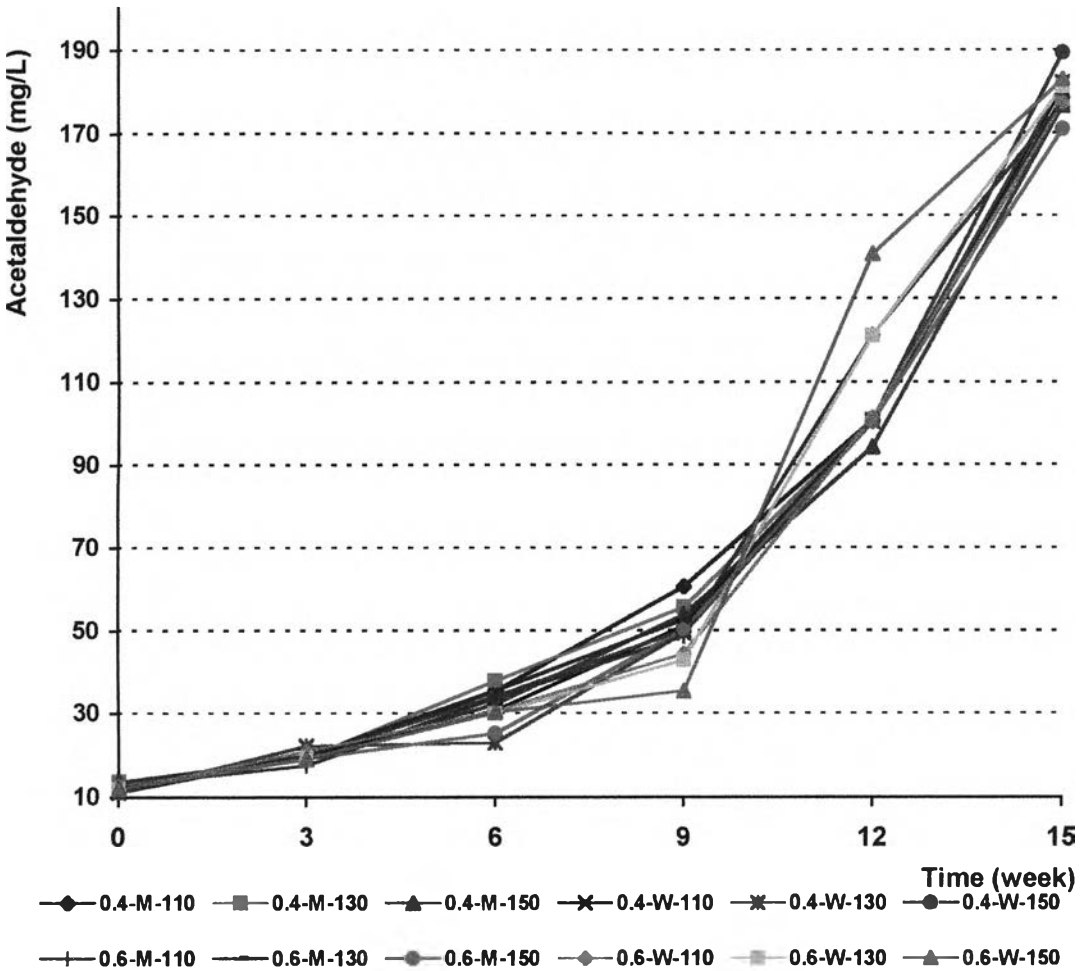
รูปที่ 4.11 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดระเหยที่เกิดขึ้นที่ระยะเวลาต่างๆ เนื่องจากอิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณกรดเริ่มต้นของน้ำหมัก ขั้นตอนการเติมเพคติเนสเอนไซม์และปริมาณเอนไซม์ต่างกัน

0.4, 0.6 = ปริมาณกรดเริ่มต้นของน้ำหมัก (%)

M = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์ในน้ำหมัก

W = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์หลังหมักหรือในไวน์ใหม่หลังหมัก

110, 130, 150 = ปริมาณเพคติเนสเอนไซม์ที่เติม (มก./กก.)



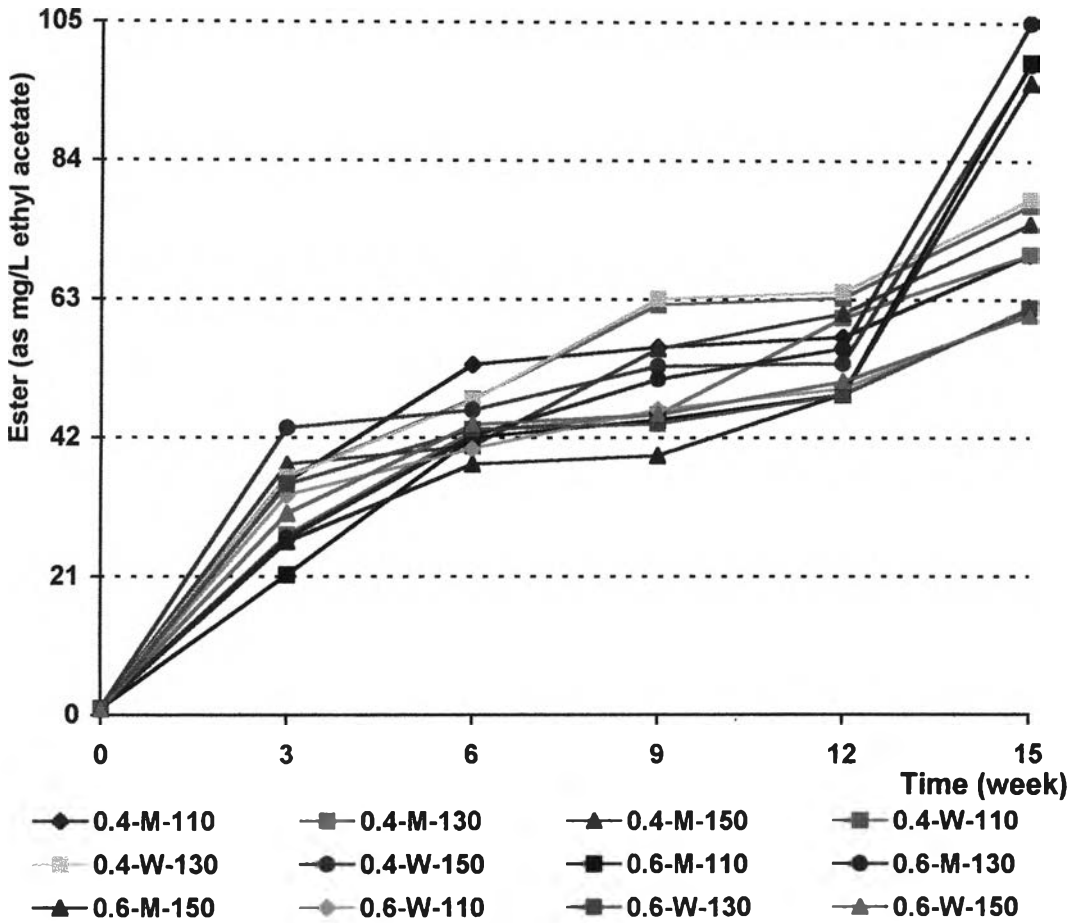
รูปที่ 4.12 การเปลี่ยนแปลงปริมาณอะเซทัลดีไฮด์ที่เกิดขึ้นที่ระยะเวลาต่างๆเนื่องจากอิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณกรดเริ่มต้นของน้ำหมัก ขั้นตอนการเติมเพคติเนสเอนไซม์ และปริมาณเอนไซม์ต่างกัน

0.4, 0.6 = ปริมาณกรดเริ่มต้นของน้ำหมัก (%)

M = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์ในน้ำหมัก

W = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์หลังหมักหรือในไวน์ใหม่หลังหมัก

110, 130, 150 = ปริมาณเพคติเนสเอนไซม์ที่เติม (มก./กก.)



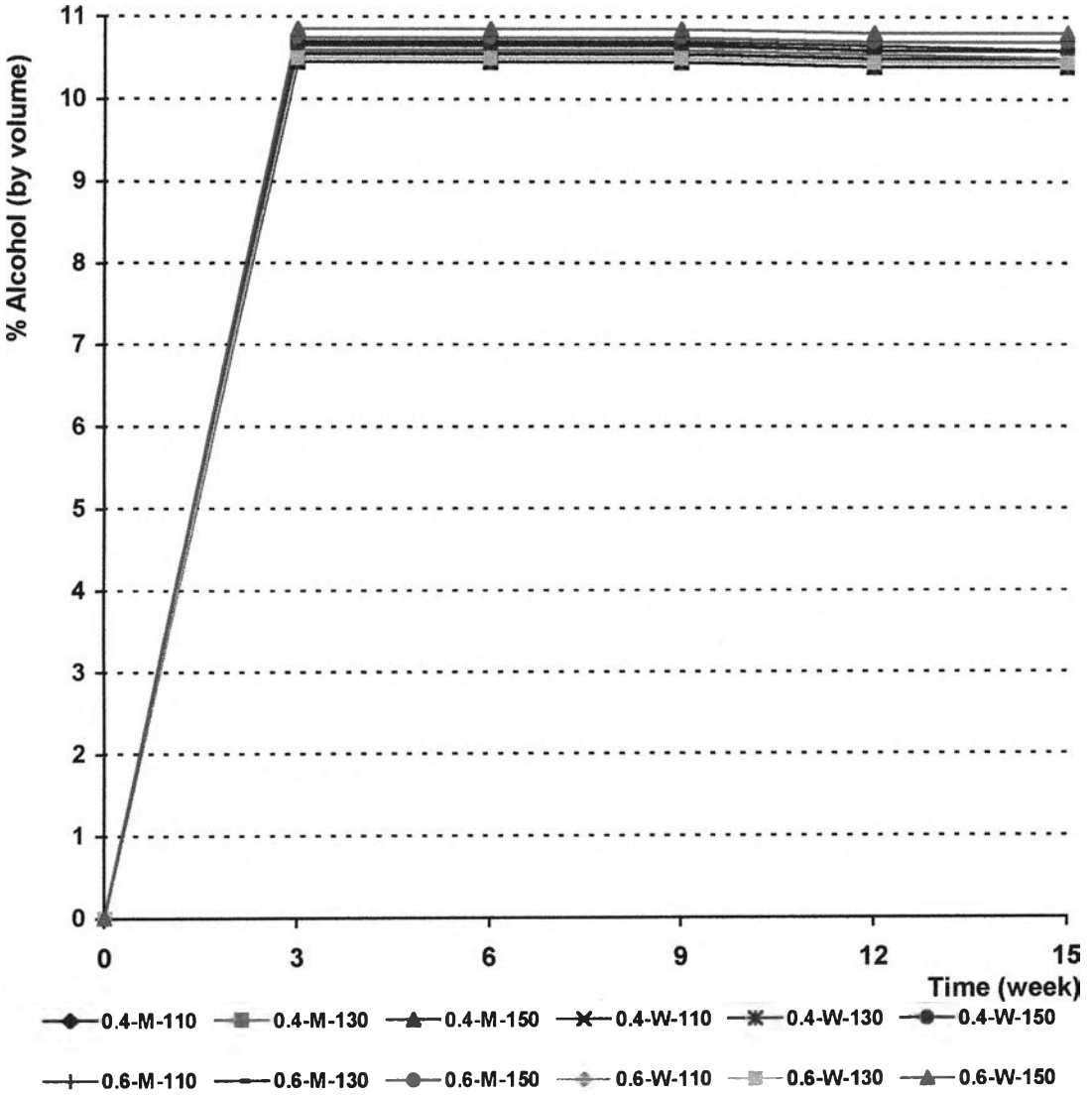
รูปที่ 4.13 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเอสเทอร์ที่เกิดขึ้นที่ระยะเวลาต่างๆเนื่องจากอิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณกรดเริ่มต้นของน้ำหมัก ขั้นตอนการเติมเพคติเนสเอนไซม์ และปริมาณเอนไซม์ต่างกัน

0.4, 0.6 = ปริมาณกรดเริ่มต้นของน้ำหมัก (%)

M = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์ในน้ำหมัก

W = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์หลังหมักหรือในไวน์ใหม่หลังหมัก

110, 130, 150 = ปริมาณเพคติเนสเอนไซม์ที่เติม (มก./กก.)



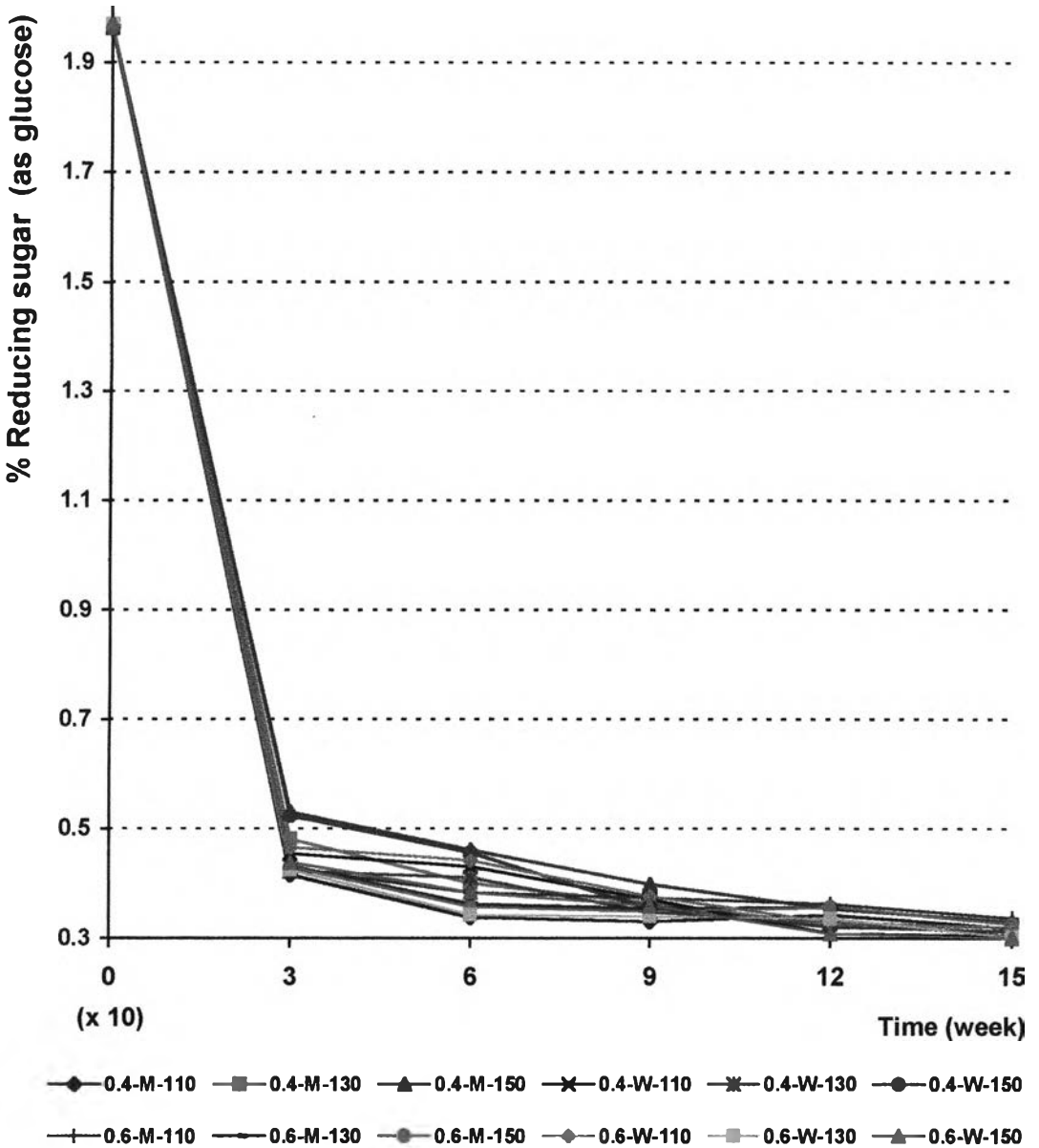
รูปที่ 4.14 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอลกอฮอล์ที่ระยะเวลาต่างๆเนื่องจากอิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณกรดเริ่มต้นของน้ำหมัก ขั้นตอนการเติมเพคติเนสเอนไซม์ และปริมาณเอนไซม์ต่างกัน

0.4, 0.6 = ปริมาณกรดเริ่มต้นของน้ำหมัก (%)

M = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์ในน้ำหมัก

W = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์หลังหมักหรือในไวน์ใหม่หลังหมัก

110, 130, 150 = ปริมาณเพคติเนสเอนไซม์ที่เติม (มก./กก.)



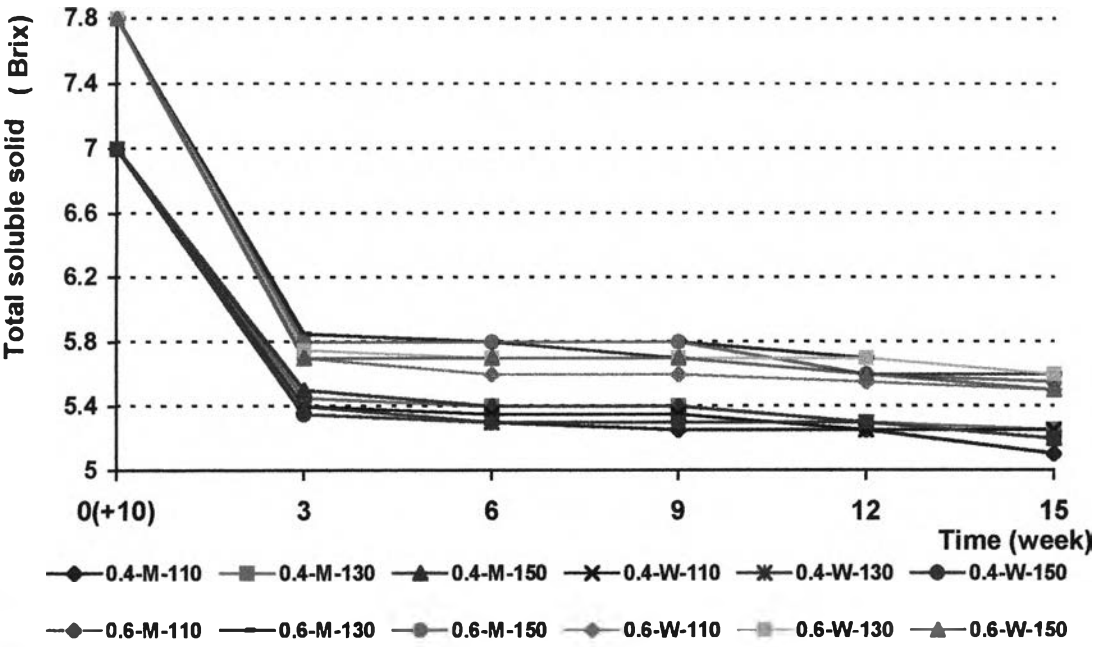
รูปที่ 4.15 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่ระยะเวลาต่างๆ เนื่องจากอิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณกรดเริ่มต้นของน้ำหมัก ขั้นตอนการเติมเพคติเนสเอนไซม์ และปริมาณเอนไซม์ต่างกัน

0.4, 0.6 = ปริมาณกรดเริ่มต้นของน้ำหมัก (%)

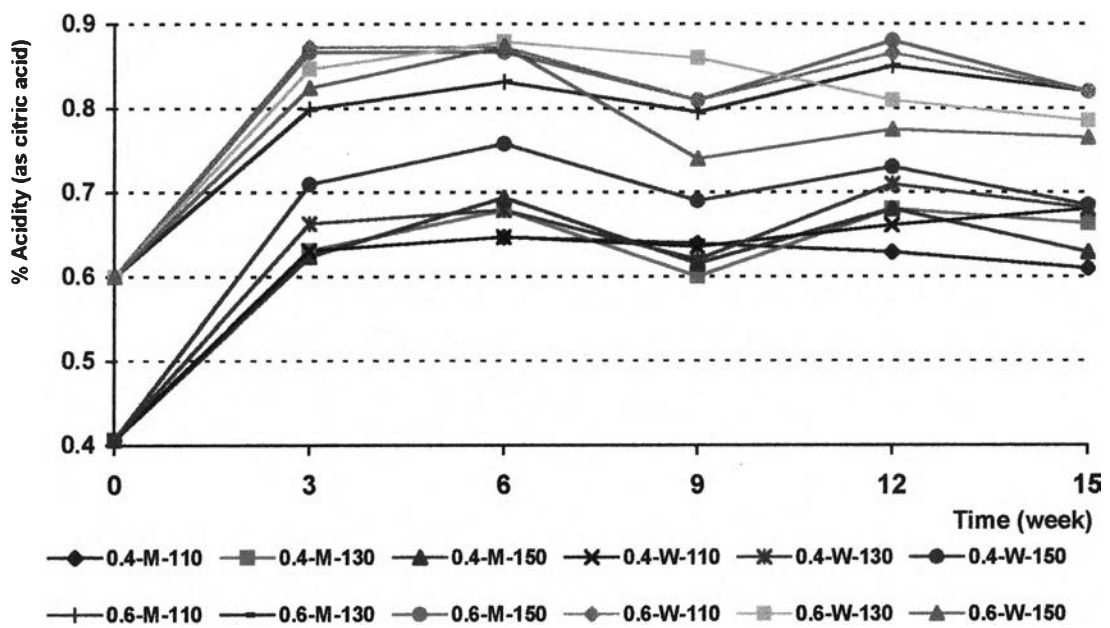
M = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์ในน้ำหมัก

W = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์หลังหมักหรือในไวน์ใหม่หลังหมัก

110, 130, 150 = ปริมาณเพคติเนสเอนไซม์ที่เติม (มก./กก.)



รูปที่ 4.16 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดที่ระยะเวลาต่างๆ เนื่องจากอิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณกรดเริ่มต้นของน้ำหมัก ขั้นตอนการเติมเพคติเนสเอนไซม์ และปริมาณเอนไซม์ต่างกัน

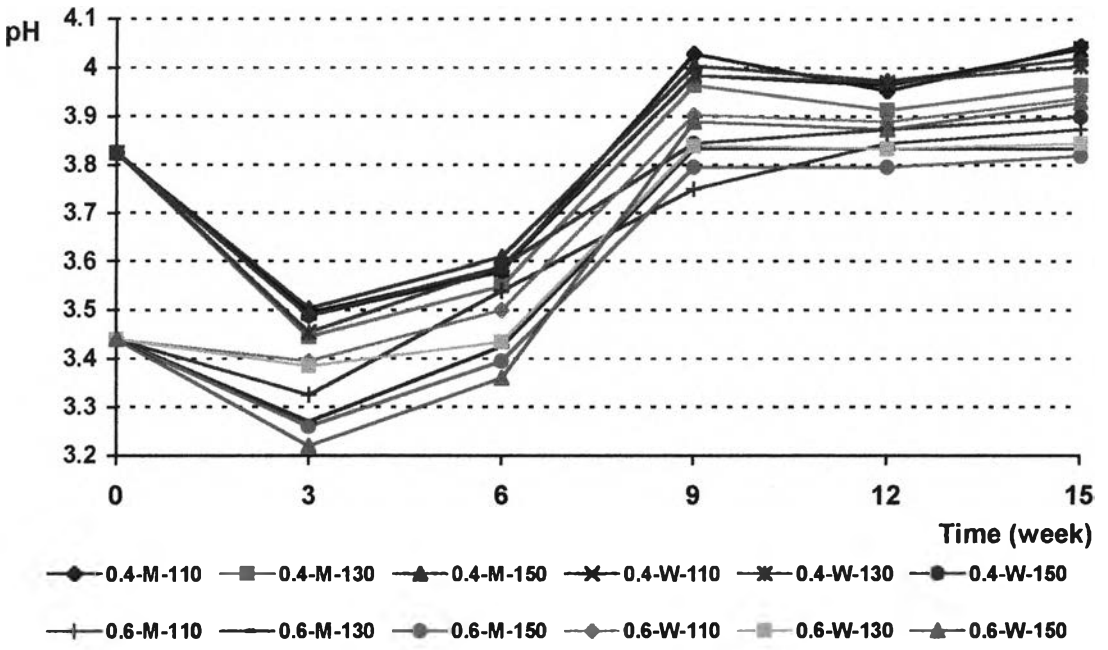


รูปที่ 4.17 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรด (ในรูปกรดซิตริก)ที่ระยะเวลาต่างๆ เนื่องจากอิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณกรดเริ่มต้นของน้ำหมัก ขั้นตอนการเติมเพคติเนสเอนไซม์ และปริมาณเอนไซม์ต่างกัน

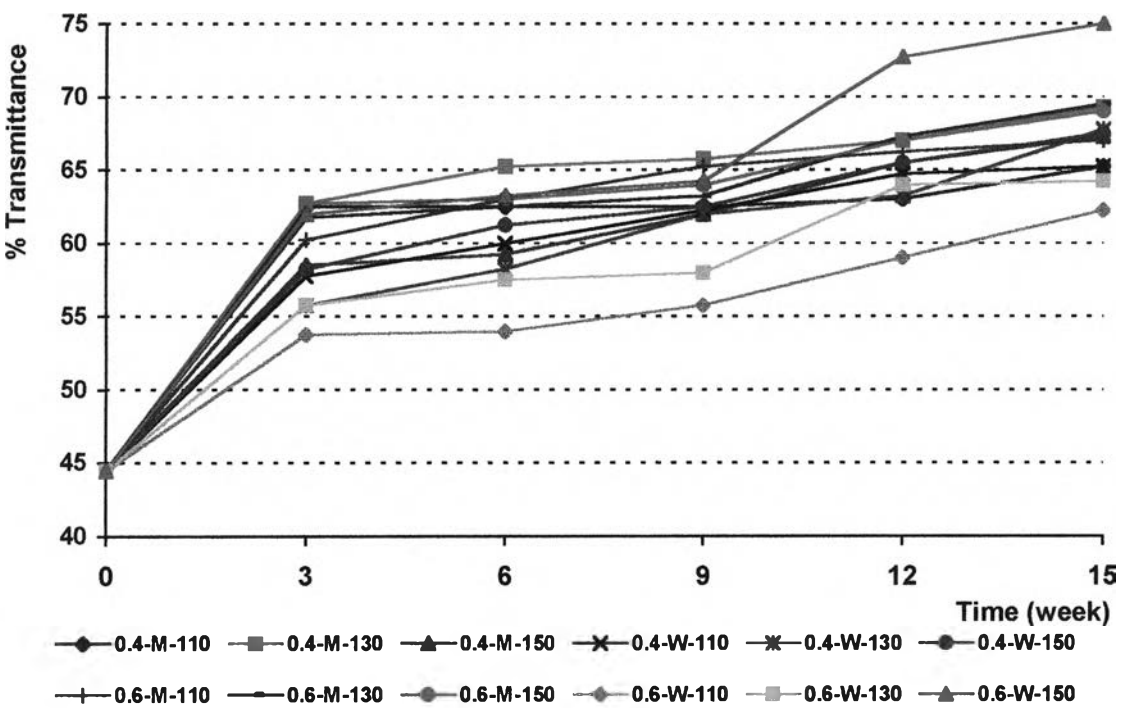
0.4, 0.6 = ปริมาณกรดเริ่มต้นของน้ำหมัก: 110, 130, 150 = ปริมาณเพคติเนสเอนไซม์

M = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์ในน้ำหมัก

W = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์หลังหมักหรือในไวน์ใหม่หลังหมัก



รูปที่ 4.18 การเปลี่ยนแปลงค่า pH ที่ระยะเวลาต่างๆ เนื่องจากอิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณกรดเริ่มต้นของน้ำหมัก ขั้นตอนการเติมเพคติเนสเอนไซม์ และปริมาณเอนไซม์ต่างกัน



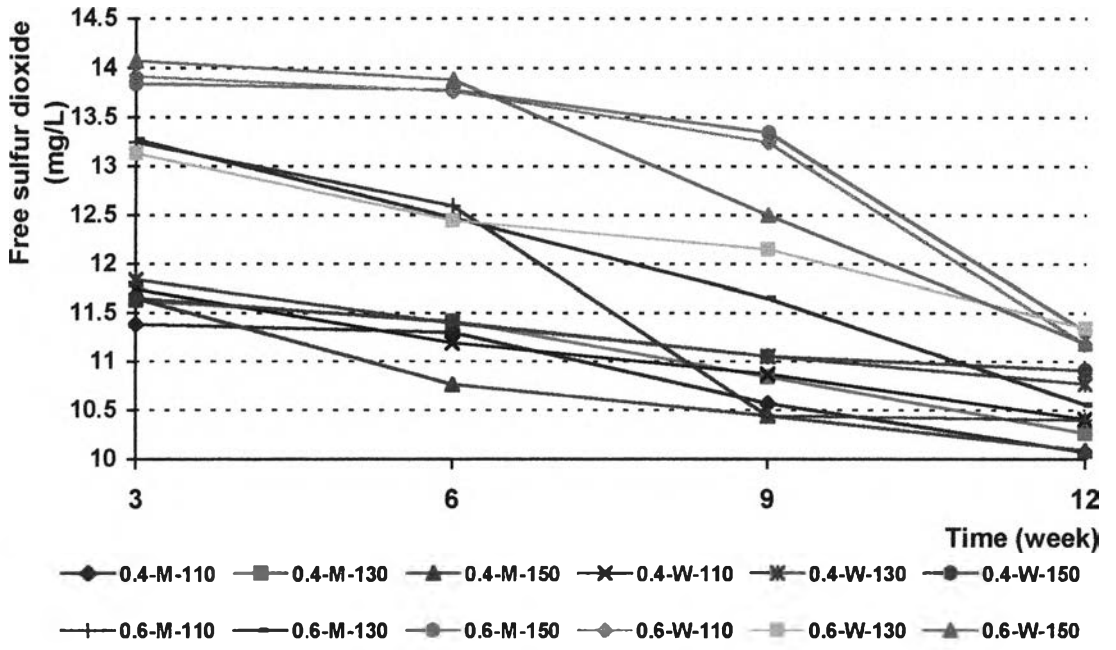
รูปที่ 4.19 การเปลี่ยนแปลงค่าความใส (%Transmittance) ที่ระยะเวลาต่างๆ เนื่องจากอิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณกรดเริ่มต้นของน้ำหมัก ขั้นตอนการเติมเพคติเนสเอนไซม์ และปริมาณเอนไซม์ต่างกัน

0.4, 0.6 = ปริมาณกรดเริ่มต้นของน้ำหมัก (%)

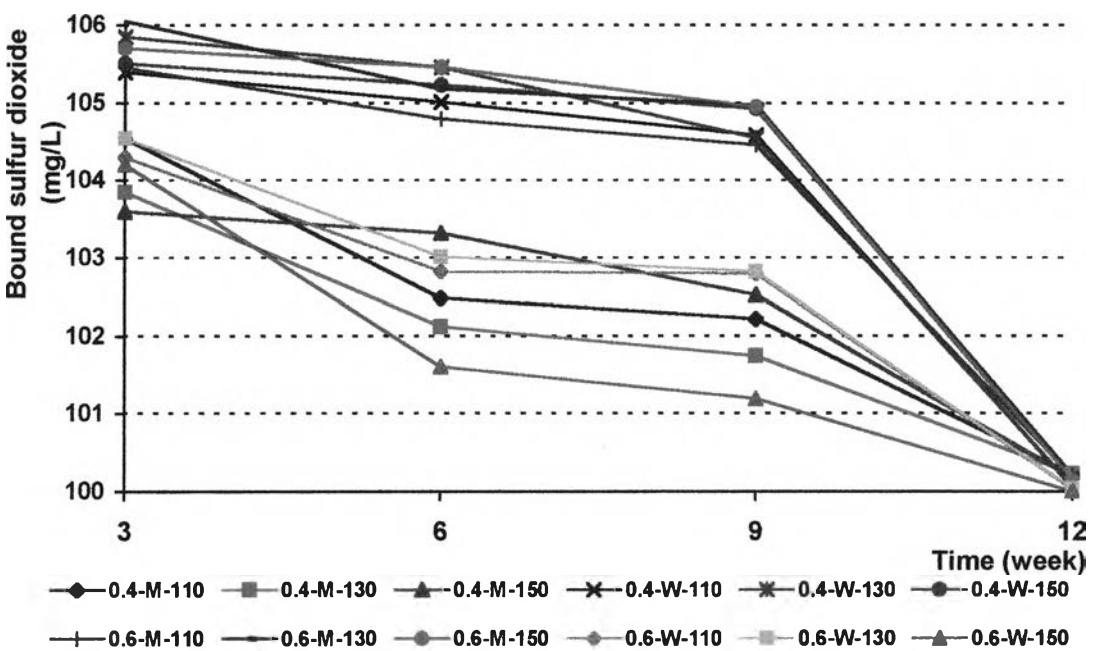
M = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์ในน้ำหมัก

W = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์หลังหมักหรือในไวน์ใหม่หลังหมัก

110, 130, 150 = ปริมาณเพคติเนสเอนไซม์ที่เติม (มก./กก.)



รูปที่ 4.20 การเปลี่ยนแปลงปริมาณ free SO_2 ที่ระยะเวลาต่างๆ เนื่องจากอิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณกรดเริ่มต้นของน้ำหมัก ขั้นตอนการเติมเพคติเนสเอนไซม์ และปริมาณเอนไซม์ต่างกัน



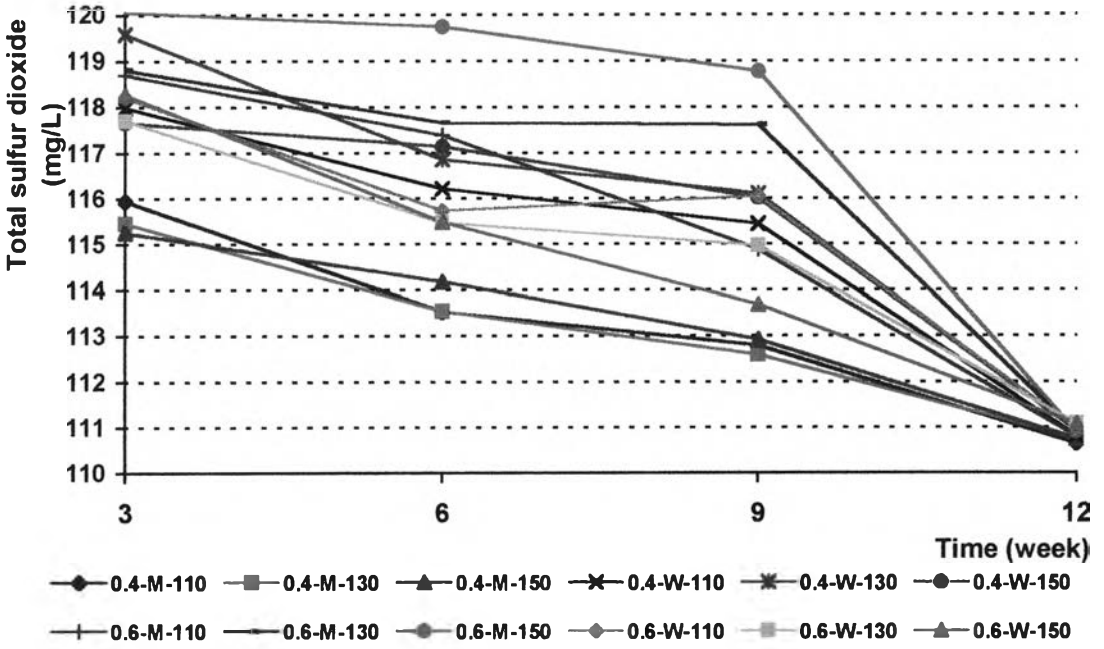
รูปที่ 4.21 การเปลี่ยนแปลงปริมาณ bound SO_2 ที่ระยะเวลาต่างๆ เนื่องจากอิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณกรดเริ่มต้นของน้ำหมัก ขั้นตอนการเติมเพคติเนสเอนไซม์ และปริมาณเอนไซม์ต่างกัน

0.4, 0.6 = ปริมาณกรดเริ่มต้นของน้ำหมัก (%)

M = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์ในน้ำหมัก

W = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์หลังหมักหรือในไวน์ใหม่หลังหมัก

110, 130, 150 = ปริมาณเพคติเนสเอนไซม์ที่เติม (มก./กก.)



รูปที่ 4.22 การเปลี่ยนแปลงปริมาณ total SO_2 ที่ระยะเวลาต่างๆ เนื่องจากอิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณกรดเริ่มต้นของน้ำหมัก ขั้นตอนการเติมเพคติเนสเอนไซม์ และปริมาณเอนไซม์ต่างกัน

0.4, 0.6 = ปริมาณกรดเริ่มต้นของน้ำหมัก (%)

M = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์ในน้ำหมัก

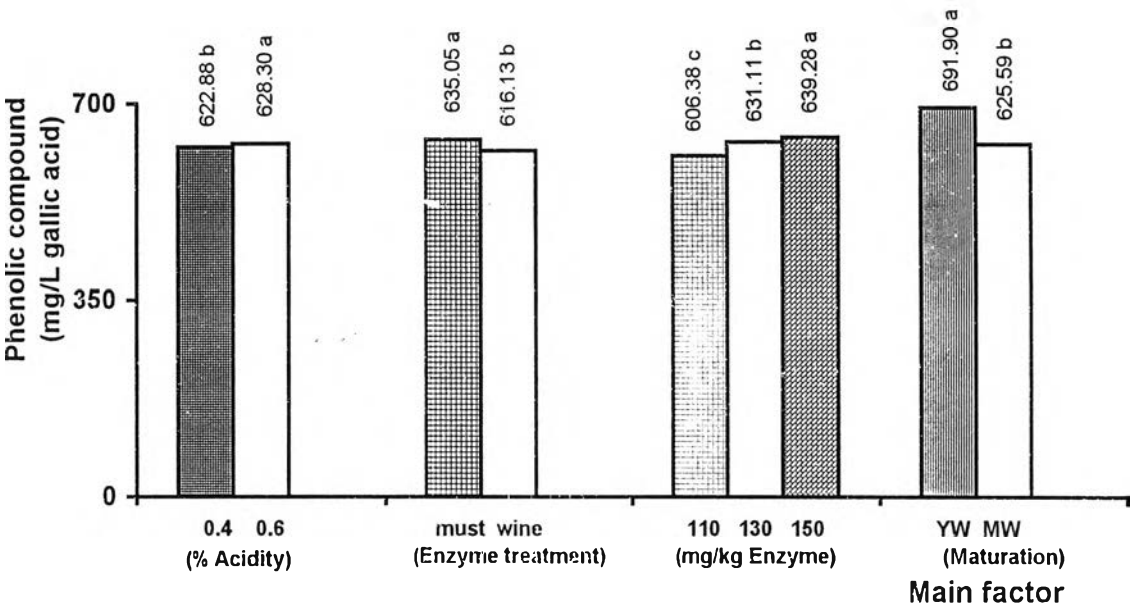
W = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์หลังหมักหรือในไวน์ใหม่หลังหมัก

110, 130, 150 = ปริมาณเพคติเนสเอนไซม์ที่เติม (มก./กก.)

3.3.2 อิทธิพลของปริมาณกรดเริ่มต้น ขั้นตอนการเติมเพคติเนสเอนไซม์ ปริมาณเอนไซม์ที่เติมและการบ่มที่มีต่อองค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของไวน์หม่อน

3.3.2.1 อิทธิพลของปริมาณกรดเริ่มต้น ขั้นตอนการเติมเพคติเนสเอนไซม์ ปริมาณเอนไซม์ที่เติมและการบ่มที่มีต่อองค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของไวน์หม่อน

ผลการทดลองดังรูปที่ 4.23-4.34 และตารางภาคผนวก ค.23-ค.26



รูปที่ 4.23 อิทธิพลของปริมาณกรดเริ่มต้น ขั้นตอนการเติมเพคติเนสเอนไซม์ ปริมาณเอนไซม์ที่เติมและการบ่มที่มีต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิค (ในรูปกรดแกลลิค) ของไวน์หม่อน

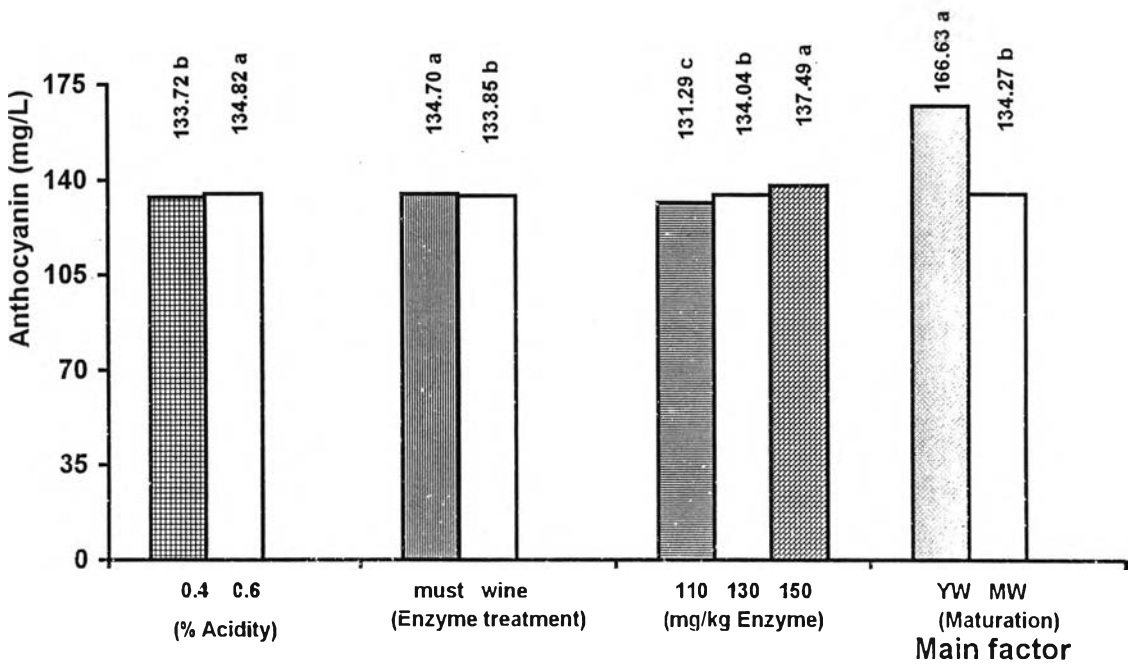
a, b, c แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

must = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์ในน้ำหมัก

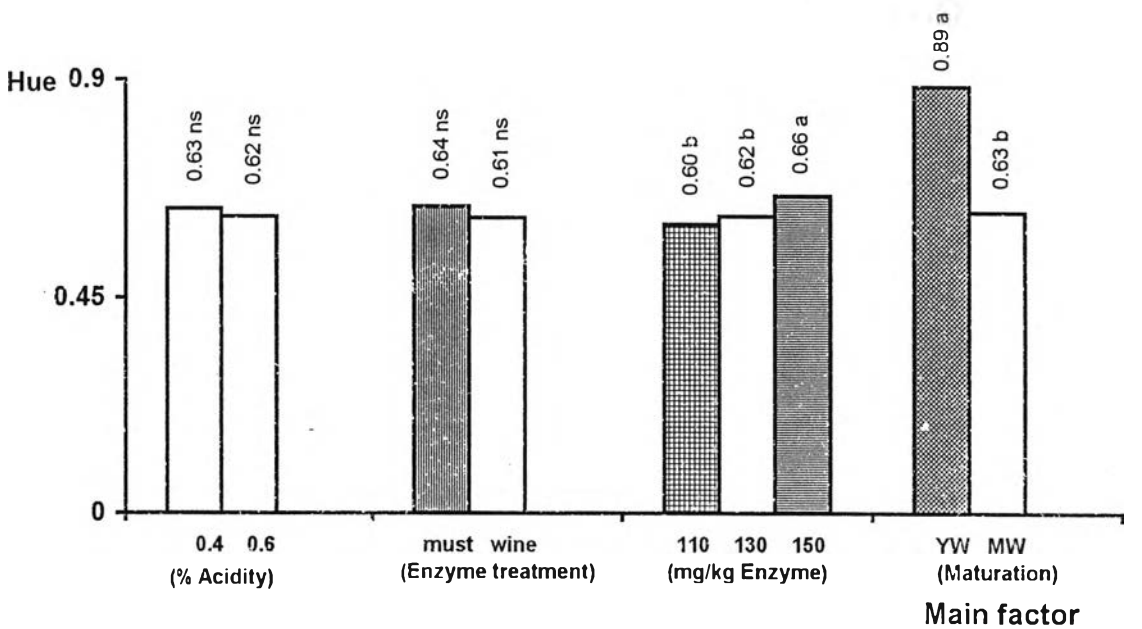
wine = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์หลังหมักหรือในไวน์ใหม่หลังหมัก

YW = ไวน์หม่อนใหม่หรือไวน์ก่อนบ่ม

MW = ไวน์หม่อนหลังบ่ม



รูปที่ 4.24 อิทธิพลของปริมาณกรดเริ่มต้น ขั้นตอนการเติมเพคติเนสเอนไซม์ ปริมาณเอนไซม์ที่เติมและการบ่มที่มีต่อปริมาณแอนโธไซยานินของไวน์หม่อน



รูปที่ 4.25 อิทธิพลของปริมาณกรดเริ่มต้น ขั้นตอนการเติมเพคติเนสเอนไซม์ ปริมาณเอนไซม์ที่เติมและการบ่มที่มีต่อค่าสี (Hue) ของไวน์หม่อน

a, b, c แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

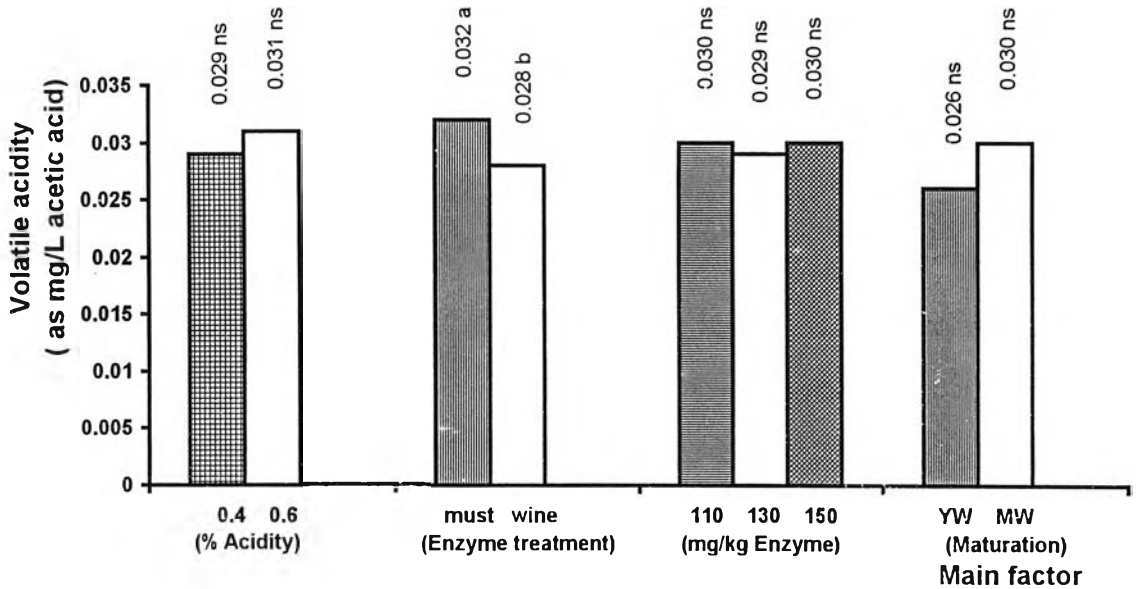
ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$)

must = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์ในน้ำหมัก

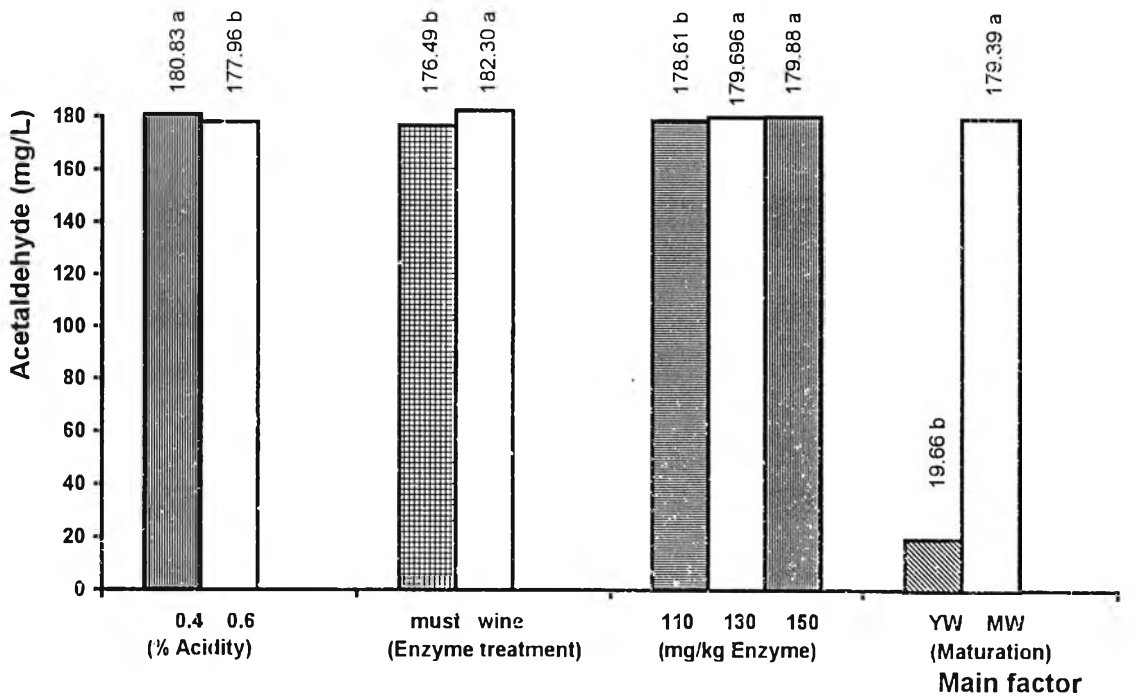
wine = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์หลังหมักหรือในไวน์ใหม่หลังหมัก

YW = ไวน์หม่อนใหม่หรือไวน์ก่อนบ่ม

MW = ไวน์หม่อนหลังบ่ม



รูปที่ 4.26 อิทธิพลของปริมาณกรดเริ่มต้น ขั้นตอนการเติมเพคติเนสเอนไซม์ ปริมาณเอนไซม์ที่เติม และการบ่มที่มีต่อปริมาณกรดระเหย (ในรูปของกรดอะซีติก) ของไวน์หม่อน



รูปที่ 4.27 อิทธิพลของปริมาณกรดเริ่มต้น ขั้นตอนการเติมเพคติเนสเอนไซม์ ปริมาณเอนไซม์ที่เติม และการบ่มที่มีต่อปริมาณอะเซทัลดีไฮด์ของไวน์หม่อน

a,b แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

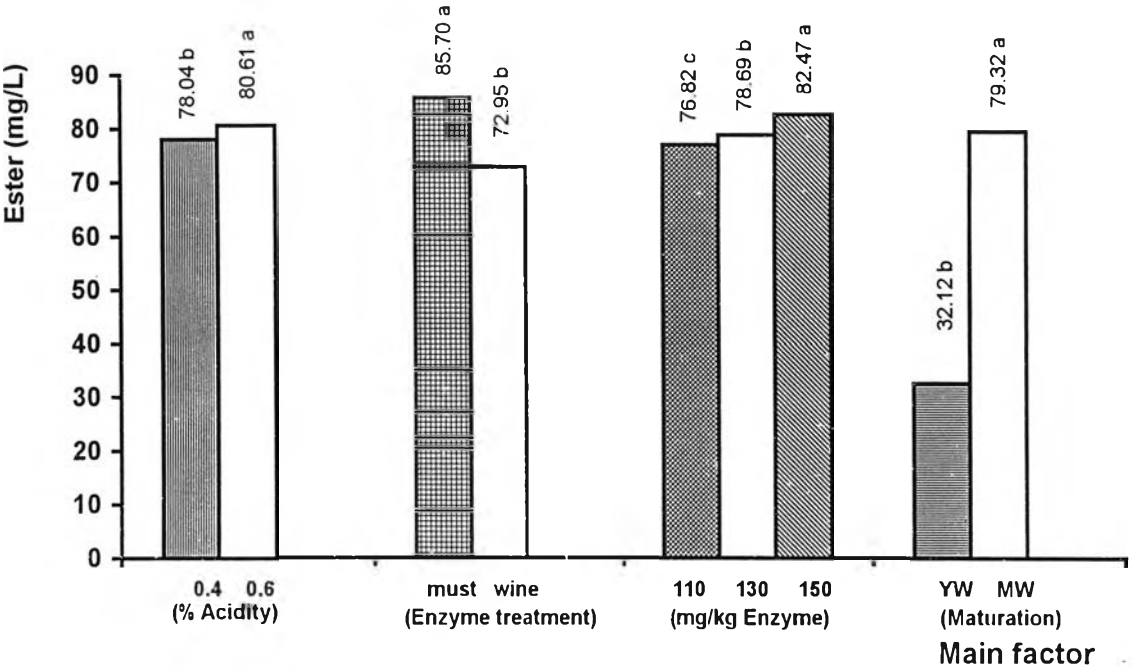
ns ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ($p\geq0.05$)

must = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์ในน้ำหมัก

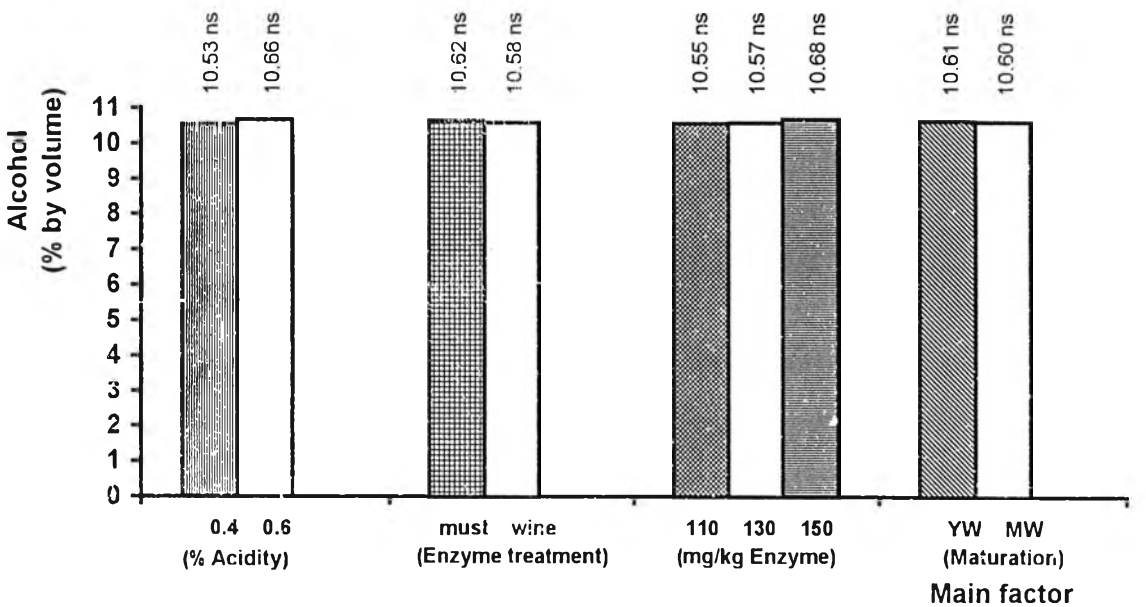
wine = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์หลังหมักหรือในไวน์ใหม่หลังหมัก

YW = ไวน์หม่อนใหม่หรือไวน์ก่อนบ่ม

MW = ไวน์หม่อนหลังบ่ม



รูปที่ 4.28 อิทธิพลของปริมาณกรดเริ่มต้น ขั้นตอนการเติมเพคติเนสเอนไซม์ ปริมาณเอนไซม์ที่เติม และการบ่มที่มีต่อปริมาณเอสเทอร์ (ในรูปของเอทิลอะซีเตท) ของไวน์หม่อน



รูปที่ 4.29 อิทธิพลของปริมาณกรดเริ่มต้น ขั้นตอนการเติมเพคติเนสเอนไซม์ ปริมาณเอนไซม์ที่เติม และการบ่มที่มีต่อปริมาณแอลกอฮอล์ของไวน์หม่อน

a, b, c แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

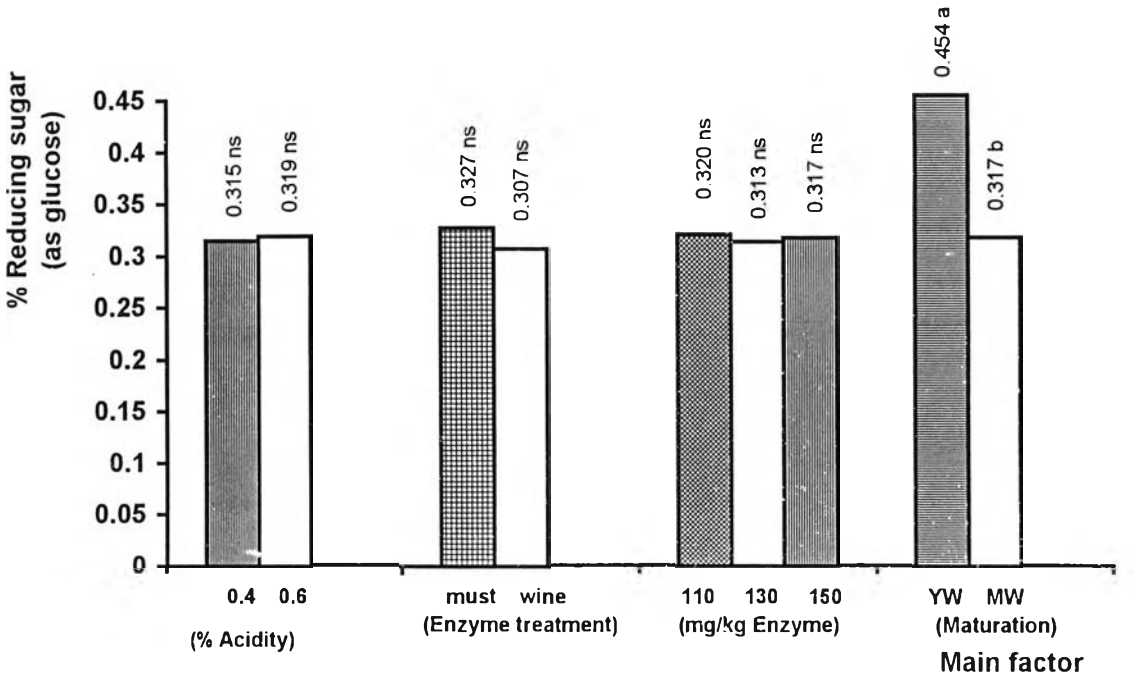
ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$)

must = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์ในน้ำหมัก

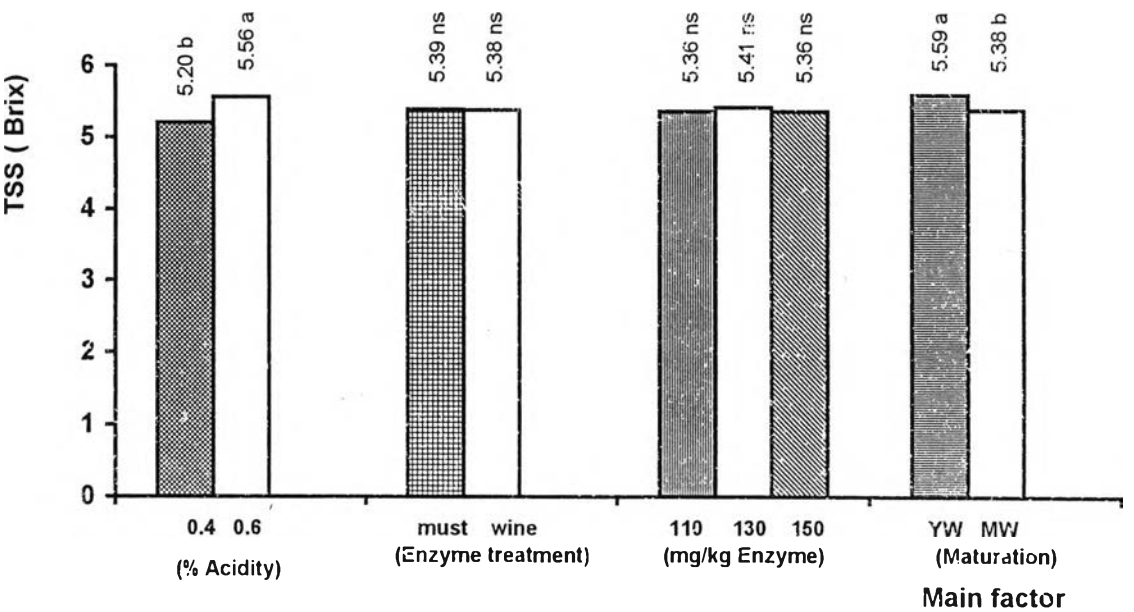
wine = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์หลังหมักหรือในไวน์ใหม่หลังหมัก

YW = ไวน์หม่อนใหม่หรือไวน์ก่อนบ่ม

MW = ไวน์หม่อนหลังบ่ม



รูปที่ 4.30 อิทธิพลของปริมาณกรดเริ่มต้น ขั้นตอนการเติมเพคติเนสเอนไซม์ ปริมาณเอนไซม์ที่เติม และการบ่มที่มีต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (ในรูปกลูโคส) ของไวน์หม่อน



รูปที่ 4.31 อิทธิพลของปริมาณกรดเริ่มต้น ขั้นตอนการเติมเพคติเนสเอนไซม์ ปริมาณเอนไซม์ที่เติม และการบ่มที่มีต่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (° Brix) ของไวน์หม่อน

a,b แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

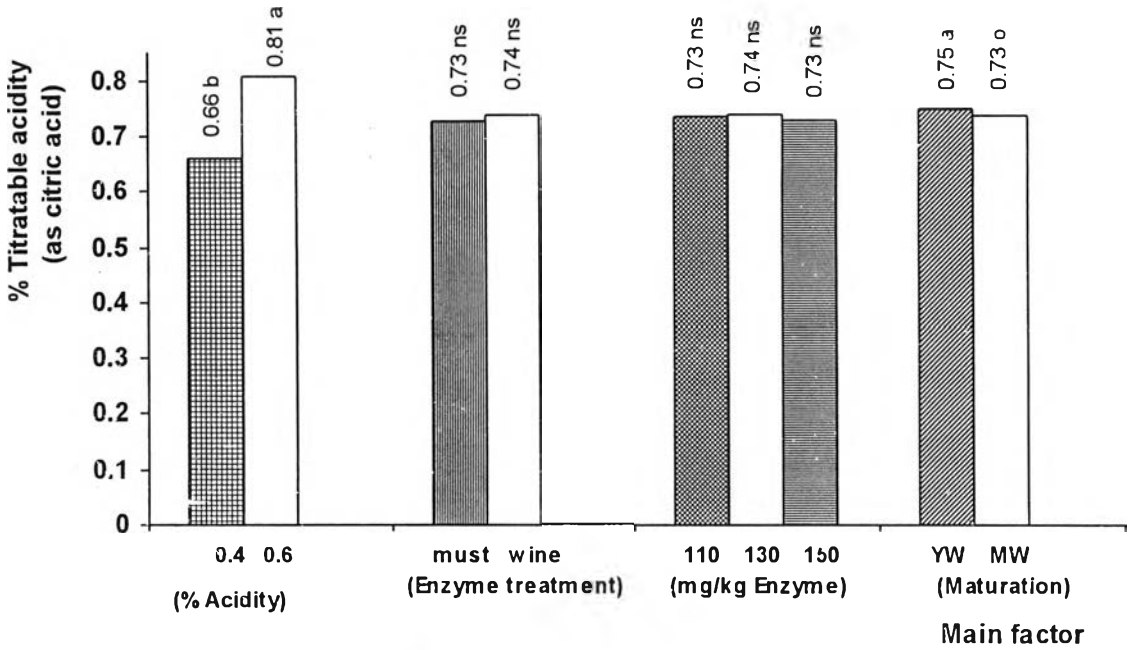
ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$)

must = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์ในน้ำหมัก

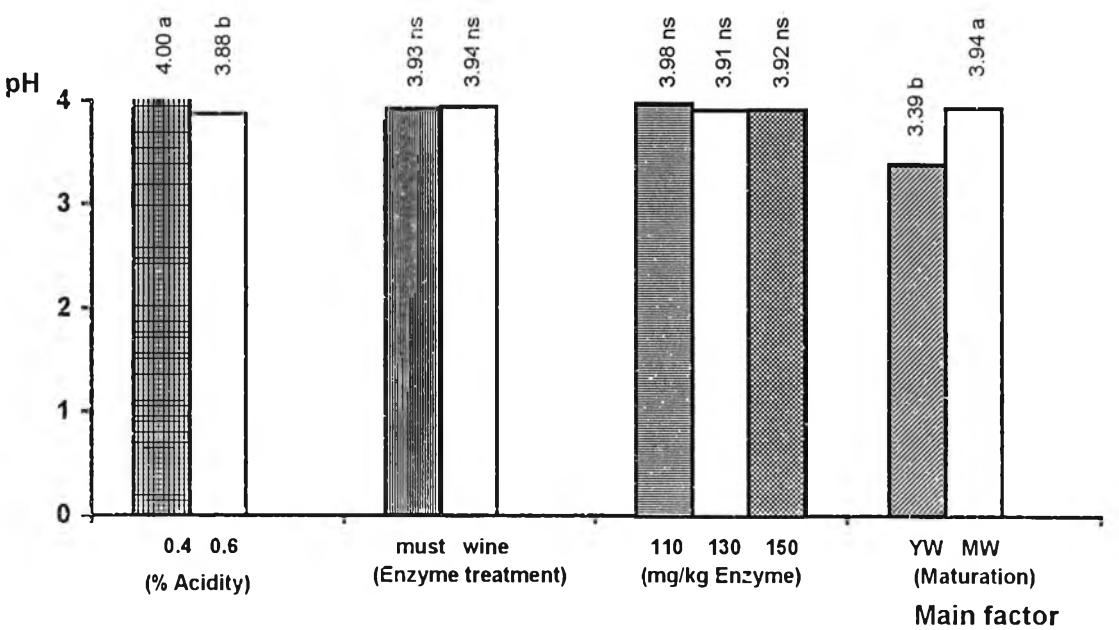
wine = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์หลังหมักหรือในไวน์ใหม่หลังหมัก

YW = ไวน์หม่อนใหม่หรือไวน์ก่อนบ่ม

MW = ไวน์หม่อนหลังบ่ม



รูปที่ 4.32 อิทธิพลของปริมาณกรดเริ่มต้น ขั้นตอนการเติมเพคติเนสเอนไซม์ ปริมาณเอนไซม์ที่เติม และการบ่มที่มีต่อปริมาณกรด (ในรูปกรดซิตริก) ของไวน์หม่อน



รูปที่ 4.33 อิทธิพลของปริมาณกรดเริ่มต้น ขั้นตอนการเติมเพคติเนสเอนไซม์ ปริมาณเอนไซม์ที่เติม และการบ่มที่มีต่อค่าพีเอช (pH) ของไวน์หม่อน

a,b แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

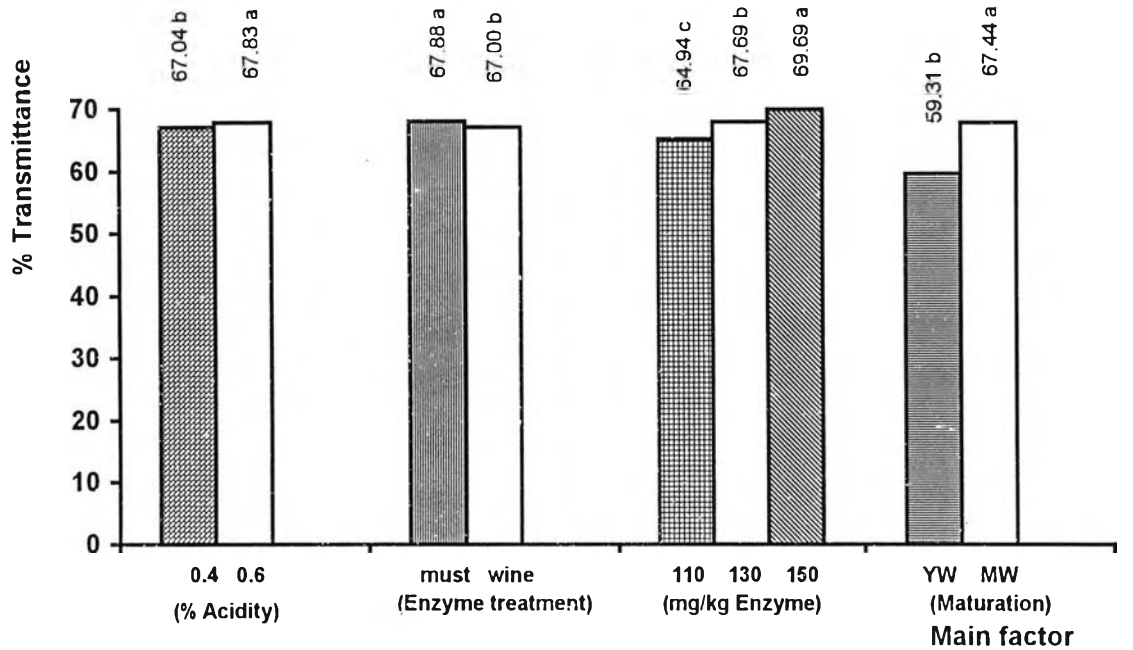
ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$)

must = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์ในน้ำหมัก

wine = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์หลังหมักหรือในไวน์ใหม่หลังหมัก

YW = ไวน์หม่อนใหม่หรือไวน์ก่อนบ่ม

MW = ไวน์หม่อนหลังบ่ม



รูปที่ 4.34 อิทธิพลของปริมาณกรดเริ่มต้น ขั้นตอนการเติมเพคติเนสเอนไซม์ ปริมาณเอนไซม์ที่เติม และการบ่มที่มีต่อความใส (% Transmittance) ของไวน์หม่อน

a,b,c แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

must = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์ในน้ำหมัก

wine = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์ในไวน์ใหม่หลังหมัก

YW = ไวน์หม่อนใหม่ หรือไวน์ก่อนบ่ม

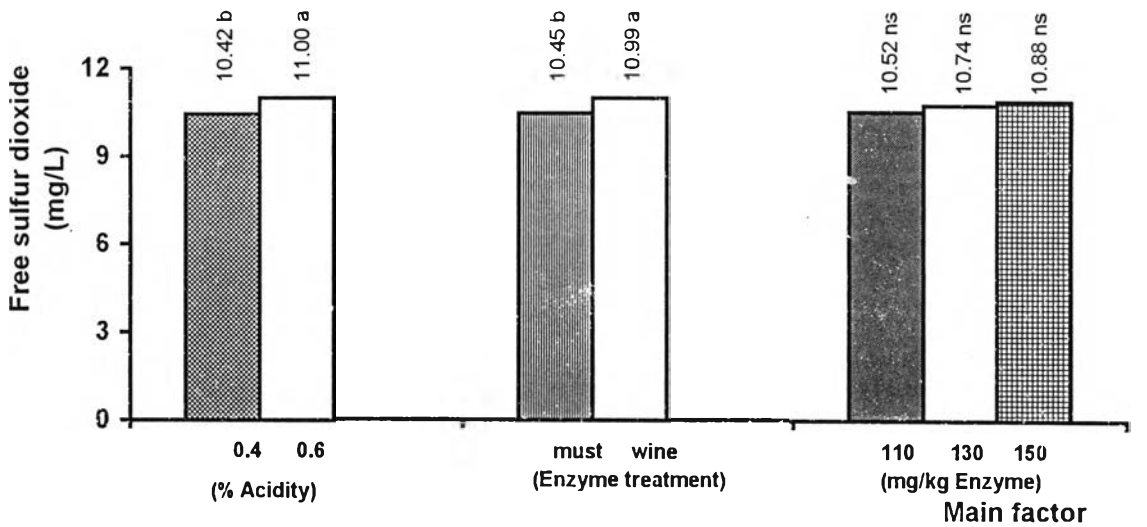
MW = ไวน์หม่อนหลังบ่ม

จากการทดลองดังรูปที่ 4.23-4.34 (ตารางภาคผนวก ค.23-ค.26) การปรับปริมาณกรดเริ่มต้นร้อยละ 0.6 มีผลให้ไวน์หม่อนมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิค (ในรูปกรดแกลลิค) แอนโธไซยานิน เอสเทอร์ (ในรูปเอทิลอะซีเตท) ค่า TSS ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดซิตริก) และความใส (% Transmittance) สูงกว่าการปรับปริมาณกรดเริ่มต้นร้อยละ 0.4 แต่ปริมาณอะเซทัลดีไฮด์ และค่า pH ต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ส่วนค่าสี (Hue) กรดระเหย แอลกอฮอล์ และน้ำตาลรีดิวซ์ (ในรูปกลูโคส) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$) ขั้นตอนการเติมเพคติเนสเอนไซม์ พบว่าการเติมเอนไซม์ในน้ำหมักมีผลให้ไวน์หม่อนมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิค แอนโธไซยานิน กรดระเหย เอสเทอร์ และความใสสูงกว่าการเติมเอนไซม์หลังหมัก แต่ปริมาณอะเซทัลดีไฮด์ต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ส่วนค่า Hue ปริมาณแอลกอฮอล์ น้ำตาลรีดิวซ์ ค่า pH และปริมาณกรดทั้งหมดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$) ส่วนปริมาณเอนไซม์ที่เติมพบว่าการเติมเอนไซม์ที่ระดับ 150 มก./กก. มีผลให้ไวน์หม่อนมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิค แอนโธไซยานิน ค่า Hue เอสเทอร์ อะเซทัลดีไฮด์ และความใสสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ส่วนปริมาณแอลกอฮอล์ น้ำตาลรีดิวซ์ pH และปริมาณกรดทั้งหมดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$) และการ

บ่มมีผลให้ไวน์หม่อนมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิค แอนโธไซยานิน ค่า Hue น้ำตาลรีดิวซ์ ค่า TSS และปริมาณกรดทั้งหมดต่ำกว่าไวน์หม่อนก่อนบ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่มีปริมาณอะเซทัลดีไฮด์ เอสเทอร์ และ pH สูงกว่า ส่วนปริมาณกรดระเหย และแอลกอฮอล์ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$)

3.3.2.2 อิทธิพลของปริมาณกรดเริ่มต้น ขั้นตอนการเติมเพคติเนสเอนไซม์ และปริมาณเอนไซม์ที่เติมต่อปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์อิสระ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ถูกตรึง และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทั้งหมดในไวน์หม่อน

ผลการทดลองดังรูปที่ 4.35-4.37 และตารางภาคผนวก ค.27



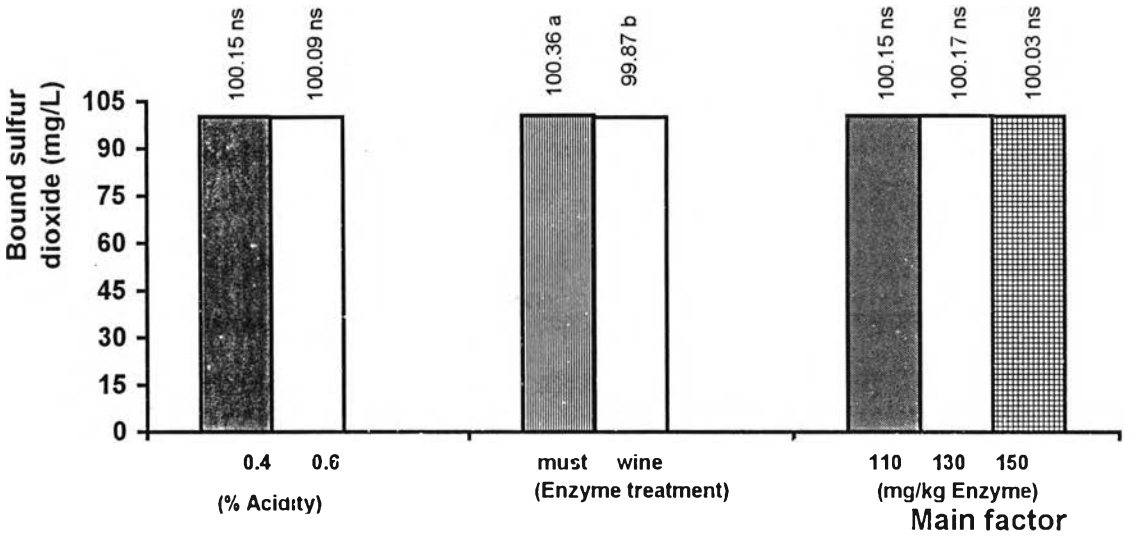
รูปที่ 4.35 อิทธิพลของปริมาณกรดเริ่มต้น ขั้นตอนการเติมเพคติเนสเอนไซม์ และปริมาณเอนไซม์ที่เติมต่อปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์อิสระของไวน์หม่อน

a,b แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

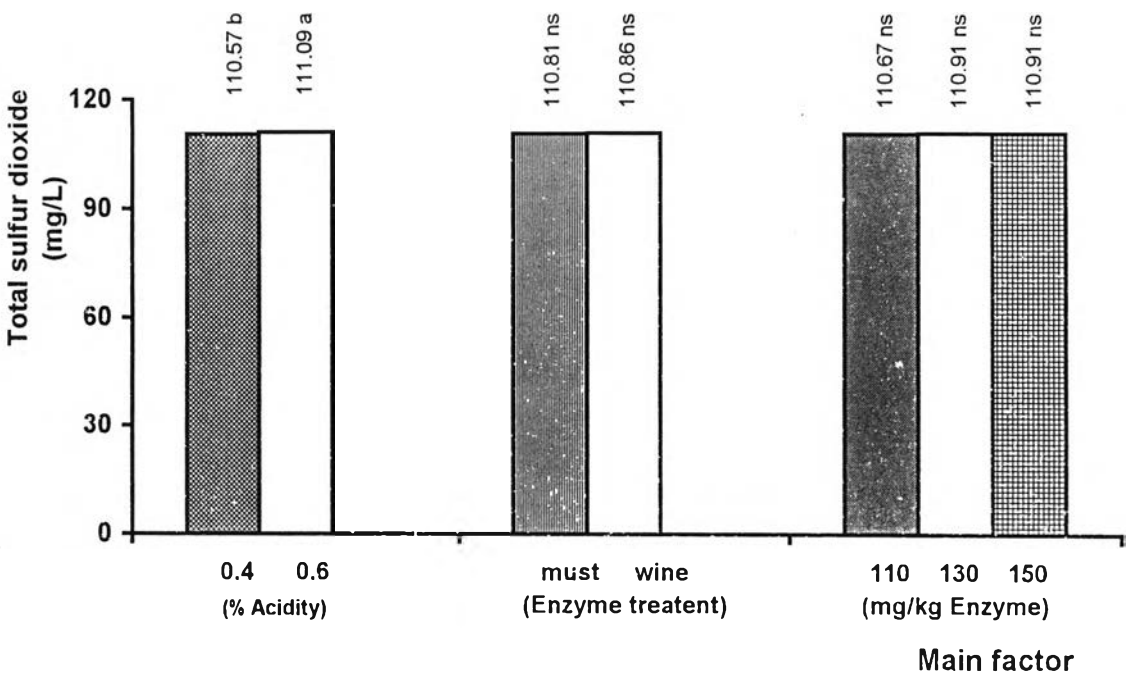
ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$)

must = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์ในน้ำหมัก

wine = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์ในไวน์ใหม่หลังหมัก



รูปที่ 4.36 อิทธิพลของปริมาณกรดเริ่มต้น ขั้นตอนการเติมเพคติเนสเอนไซม์ และปริมาณเอนไซม์ที่เติมต่อปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ถูกตรึงของไวน์หม่อน



รูปที่ 4.37 อิทธิพลของปริมาณกรดเริ่มต้น ขั้นตอนการเติมเพคติเนสเอนไซม์ และปริมาณเอนไซม์ที่เติมต่อปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทั้งหมดของไวน์หม่อน

a,b แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$)

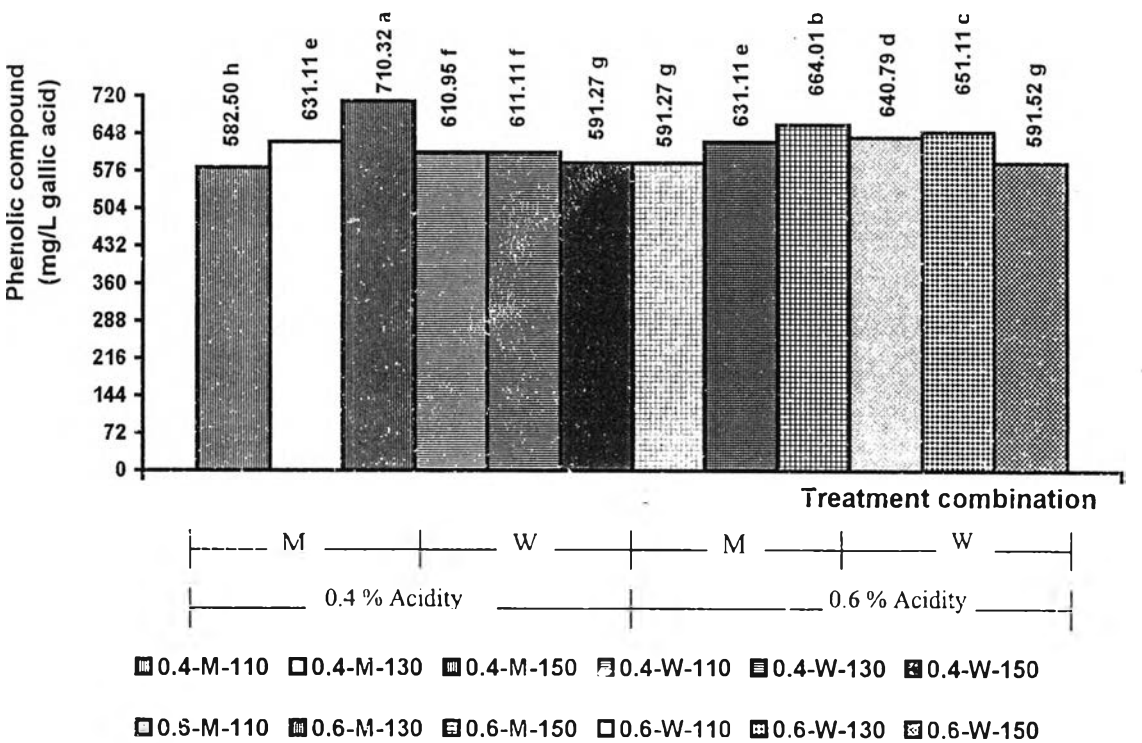
must = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์ในน้ำหมัก

wine = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์ในไวน์ใหม่หลังหมัก

ผลการทดลองดังรูปที่ 4.35-4.37 (ตารางภาคผนวก ค.27) พบว่าการปรับปริมาณกรดเริ่มต้นร้อยละ 0.6 มีผลให้ไวน์หม่อนมีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์อิสระ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทั้งหมดสูงกว่าการปรับปริมาณกรดเริ่มต้นร้อยละ 0.4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่ไม่มีผลต่อปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ถูกตรึงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$) ส่วนขั้นตอนการเติมเพคติเนสเอนไซม์ พบว่า การเติมเอนไซม์ในน้ำหมักมีผลให้ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ถูกตรึงในไวน์หม่อนมากกว่าการเติมเอนไซม์หลังหมักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่มีซัลเฟอร์ไดออกไซด์อิสระต่ำกว่า ส่วนซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทั้งหมดไม่แตกต่างกัน ปริมาณเอนไซม์ที่เติมไม่มีผลต่อปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์อิสระ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ถูกตรึง และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทั้งหมดในไวน์หม่อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$)

3.3.2.3 อิทธิพลร่วมของปริมาณกรดเริ่มต้น ขั้นตอนการเติมเพคติเนสเอนไซม์ และปริมาณเอนไซม์ที่เติมต่อองค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของไวน์หม่อน

ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.38-4.49 และตารางภาคผนวก ค.28-ค.31



รูปที่ 4.38 อิทธิพลร่วมของปริมาณกรดเริ่มต้น ขั้นตอนการเติมเพคติเนสเอนไซม์ และปริมาณเอนไซม์ที่เติมต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิค (ในรูปกรดแกลลิค) ของไวน์หม่อน

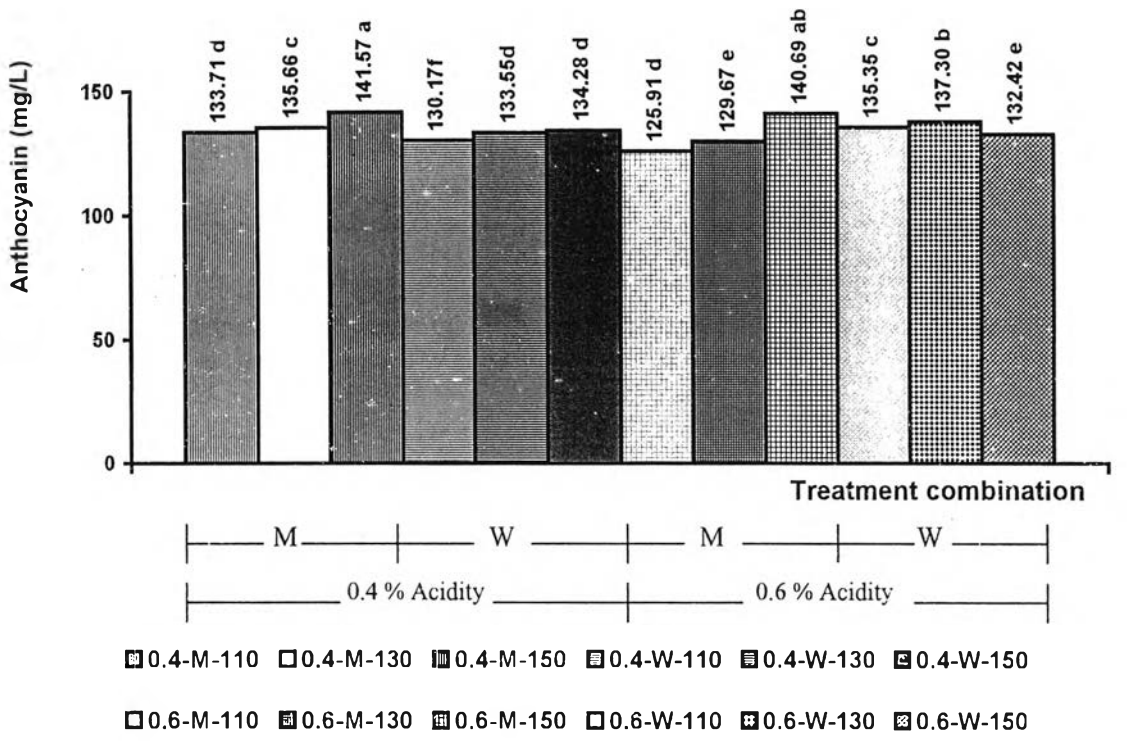
ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

0.4, 0.6 = ปริมาณกรดเริ่มต้นของน้ำหมัก (%)

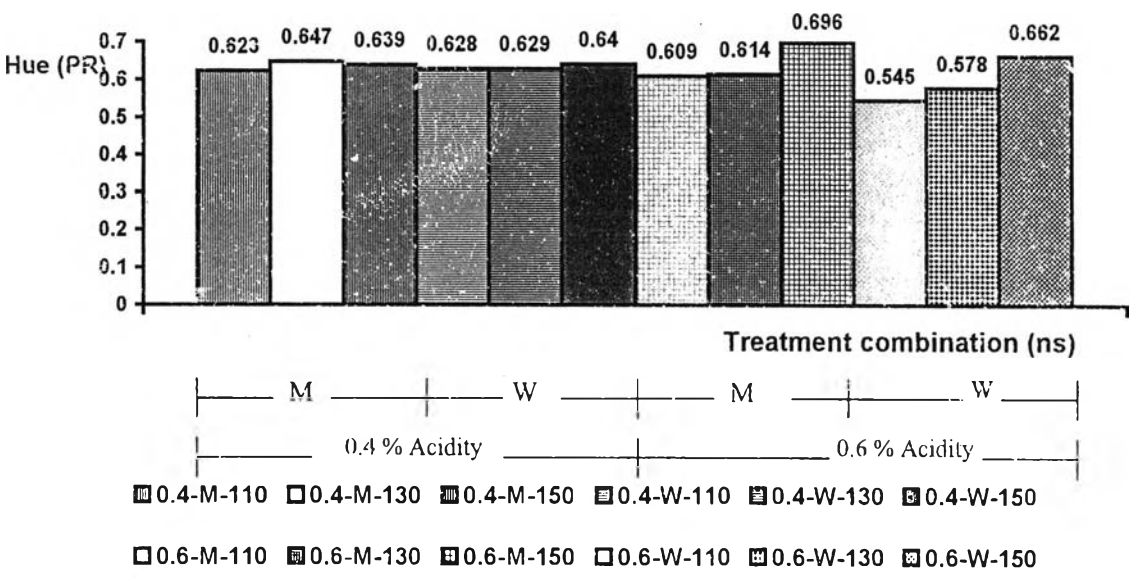
110, 130, 150 = ปริมาณเพคติเนสเอนไซม์ (มก./กก.)

M = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์ในน้ำหมัก

W = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์หลังหมักหรือในไวน์ใหม่หลังหมัก



รูปที่ 4.39 อิทธิพลร่วมของปริมาณกรดเริ่มต้น ขั้นตอนการเติมเพคติเนสเอนไซม์ และปริมาณเอนไซม์ที่เติมต่อปริมาณแอนโธไซยานินของไวน์หม่อน



รูปที่ 4.40 อิทธิพลร่วมของปริมาณกรดเริ่มต้น ขั้นตอนการเติมเพคติเนสเอนไซม์ และปริมาณเอนไซม์ที่เติมต่อค่าสี (Hue) ของไวน์หม่อน

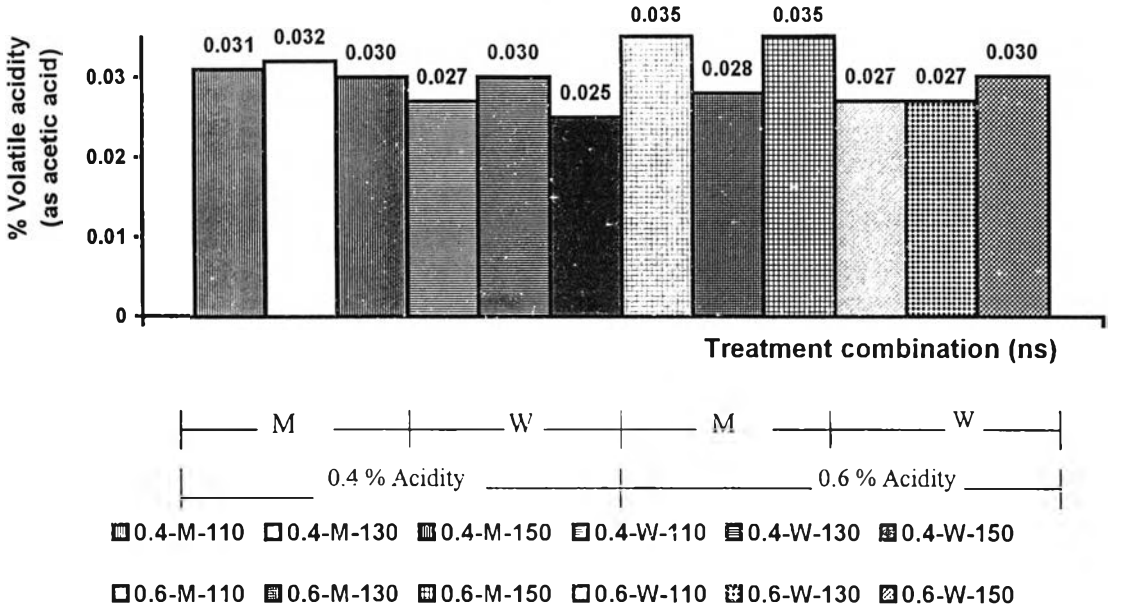
ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$)

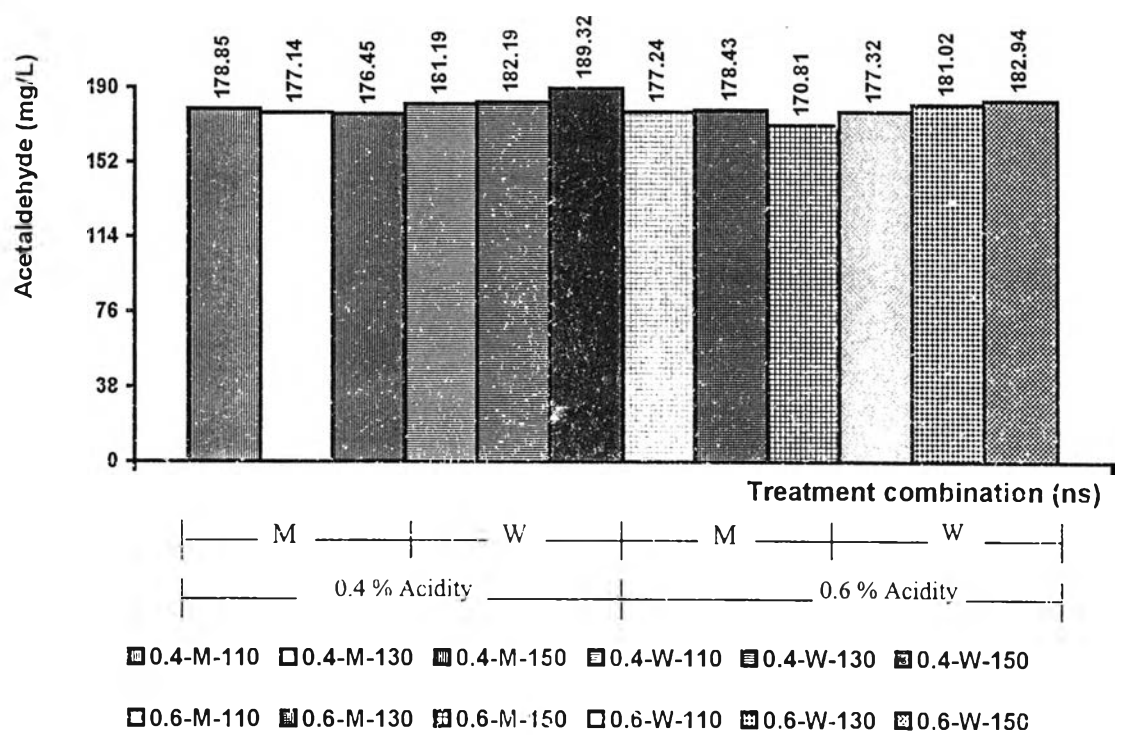
0.4, 0.6 = ปริมาณกรดเริ่มต้น(%); 110, 130, 150 = ปริมาณเพคติเนสเอนไซม์ (มก./กก.)

M = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์ในน้ำหมัก

W = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์หลังหมักหรือในไวน์ใหม่หลังหมัก



รูปที่ 4.41 อิทธิพลร่วมของปริมาณกรดเริ่มต้น ขั้นตอนการเติมเพคติเนสเอนไซม์ และปริมาณเอนไซม์ที่เติมต่อปริมาณกรดระเหย (ในรูปของกรดอะซีติก) ของไวน์หม่อน



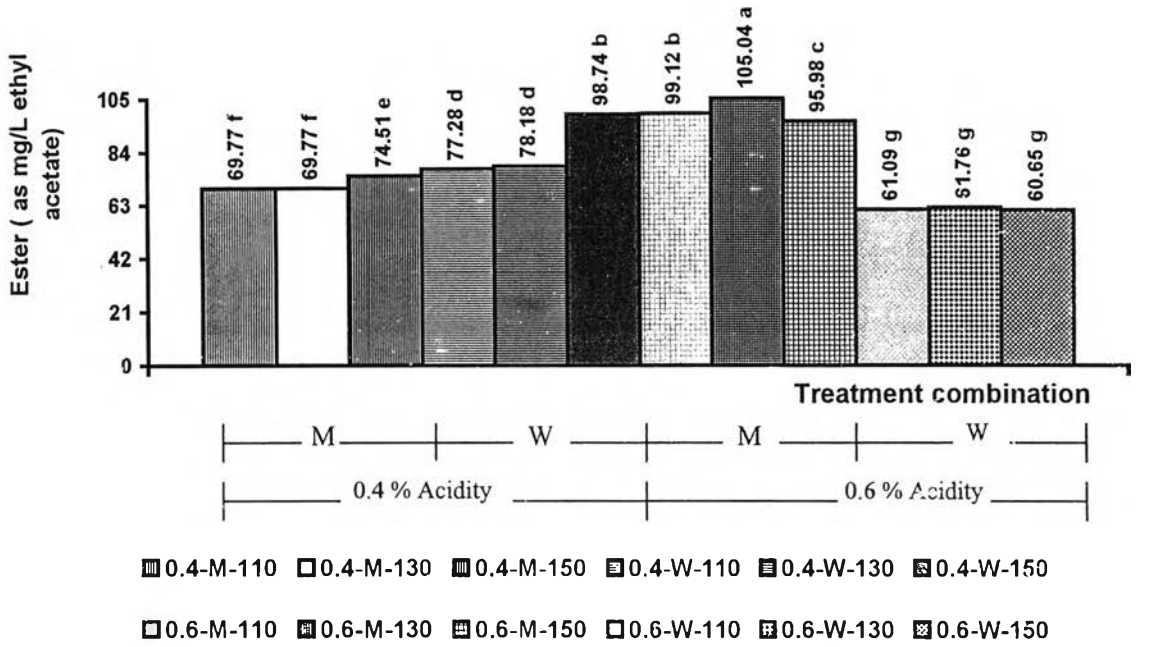
รูปที่ 4.42 อิทธิพลร่วมของปริมาณกรดเริ่มต้น ขั้นตอนการเติมเพคติเนสเอนไซม์ และปริมาณเอนไซม์ที่เติมต่อปริมาณอะเซทัลดีไฮด์ของไวน์หม่อน

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

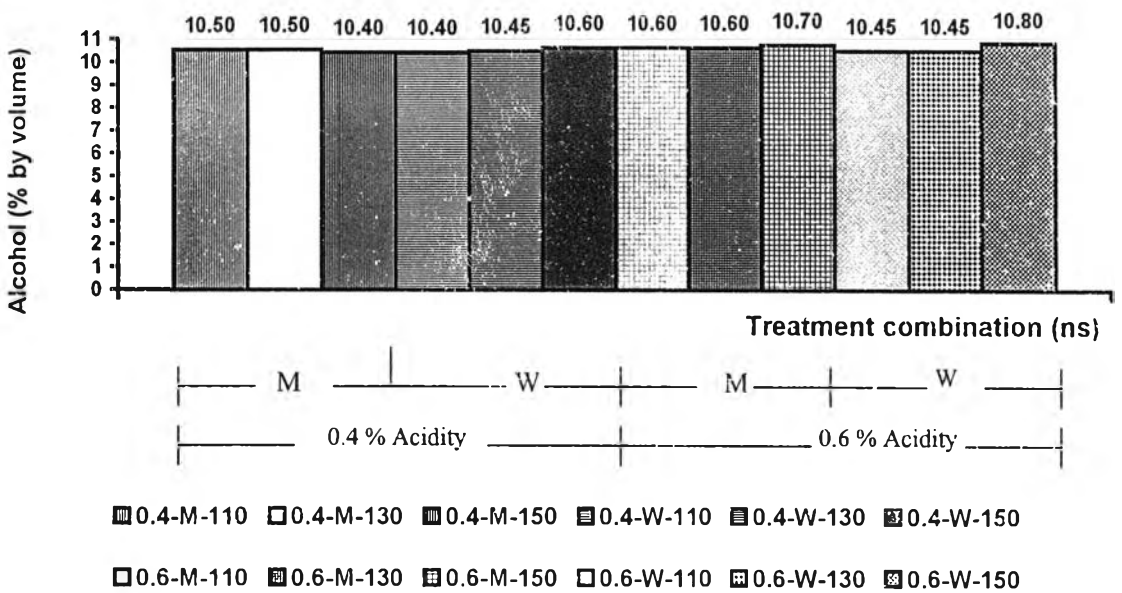
0.4, 0.6 = ปริมาณกรดเริ่มต้น (%); 110, 130, 150 = ปริมาณเพคติเนสเอนไซม์ (มก./กก.)

M = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์ในน้ำหมัก

W = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์หลังหมักหรือในไวน์ใหม่หลังหมัก



รูปที่ 4.43 อิทธิพลร่วมของปริมาณกรดเริ่มต้น ขั้นตอนการเติมเพคติเนสเอนไซม์ และปริมาณเอนไซม์ที่เติมต่อปริมาณเอสเทอร์ (ในรูปของเอทิลอะซีเตท) ของไวน์หม่อน



รูปที่ 4.44 อิทธิพลร่วมของปริมาณกรดเริ่มต้น ขั้นตอนการเติมเพคติเนสเอนไซม์ และปริมาณเอนไซม์ที่เติมต่อปริมาณแอลกอฮอล์ของไวน์หม่อน

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

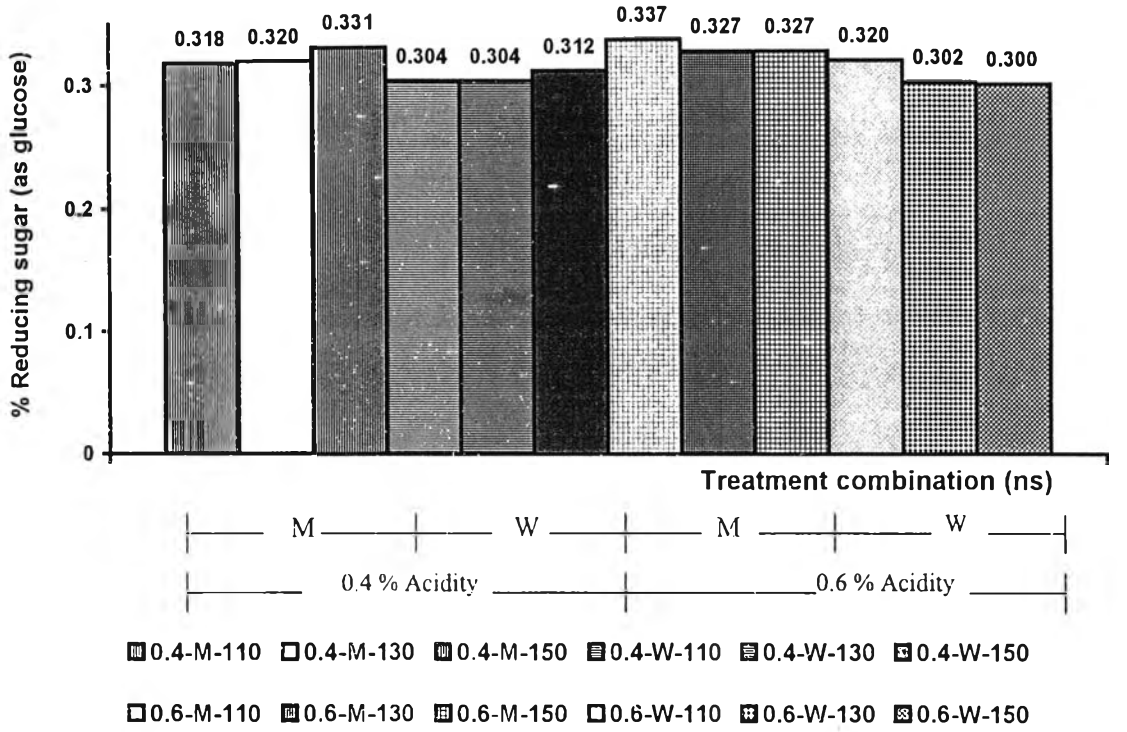
ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

0.4, 0.6 = ปริมาณกรดเริ่มต้น (%)

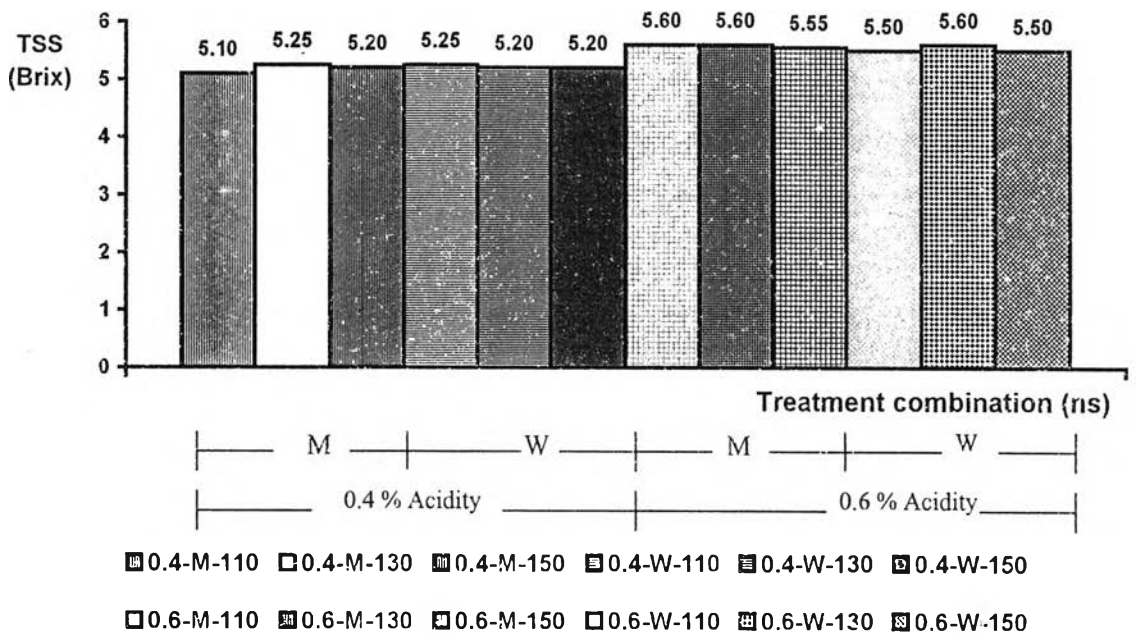
M = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์ในน้ำหมัก

W = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์หลังหมักหรือในไวน์ใหม่หลังหมัก

110, 130, 150 = ปริมาณเพคติเนสเอนไซม์ที่เติม (มก./กก.)



รูปที่ 4.45 อิทธิพลร่วมของปริมาณกรดเริ่มต้น ขั้นตอนการเติมเพคติเนสเอนไซม์ และปริมาณเอนไซม์ที่เติมต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (ในรูปของกลูโคส) ของไวน์หม่อน



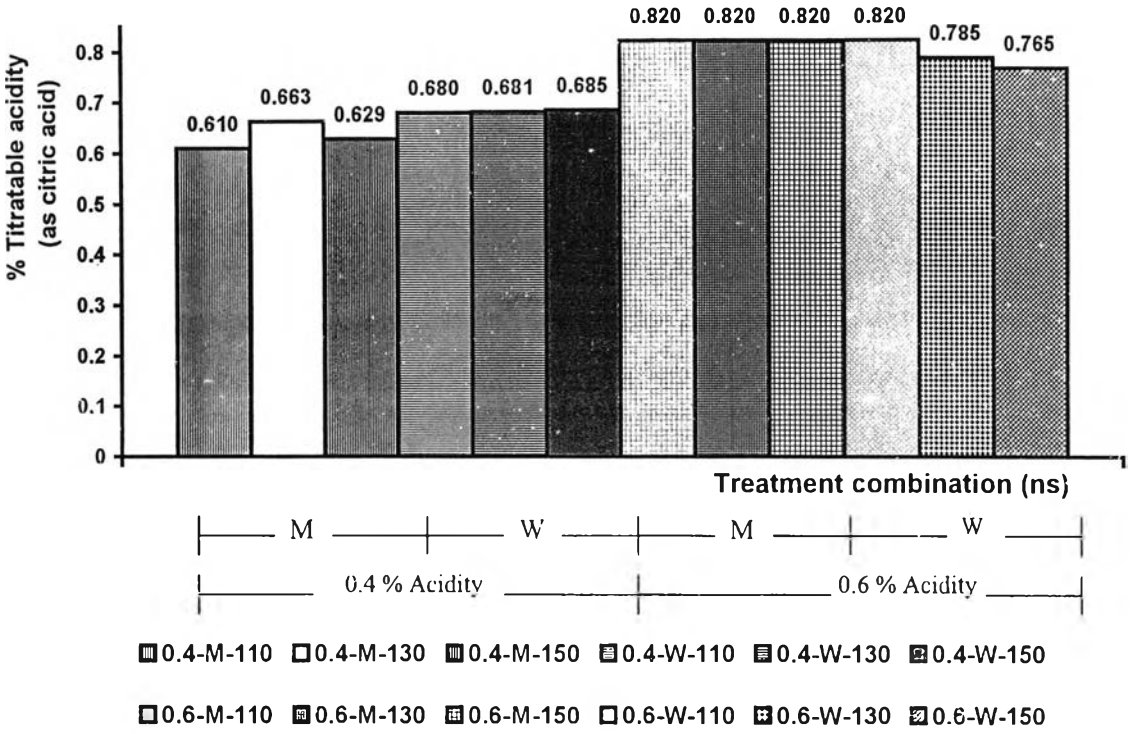
รูปที่ 4.46 อิทธิพลร่วมของปริมาณกรดเริ่มต้น ขั้นตอนการเติมเพคติเนสเอนไซม์ และปริมาณเอนไซม์ที่เติมต่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (° Brix) ของไวน์หม่อน

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

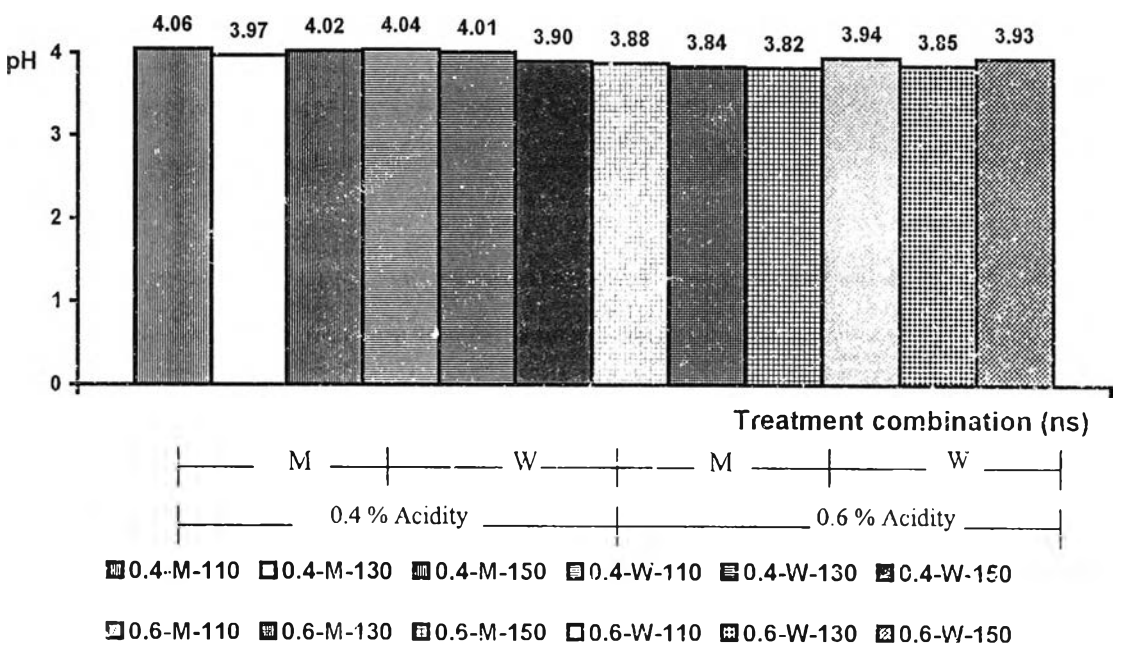
0.4, 0.6 = ปริมาณกรดเริ่มต้น (%); 110, 130, 150 = ปริมาณเพคติเนสเอนไซม์ (มก./กก.)

M = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์ในน้ำหมัก

W = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์หลังหมักหรือในไวน์ใหม่หลังหมัก



รูปที่ 4.47 อิทธิพลร่วมของปริมาณกรดเริ่มต้น ขั้นตอนการเติมเพคติเนสเอนไซม์ และปริมาณเอนไซม์ที่เติมต่อปริมาณกรด (ในรูปกรดซิตริก) ของไวน์หม่อน



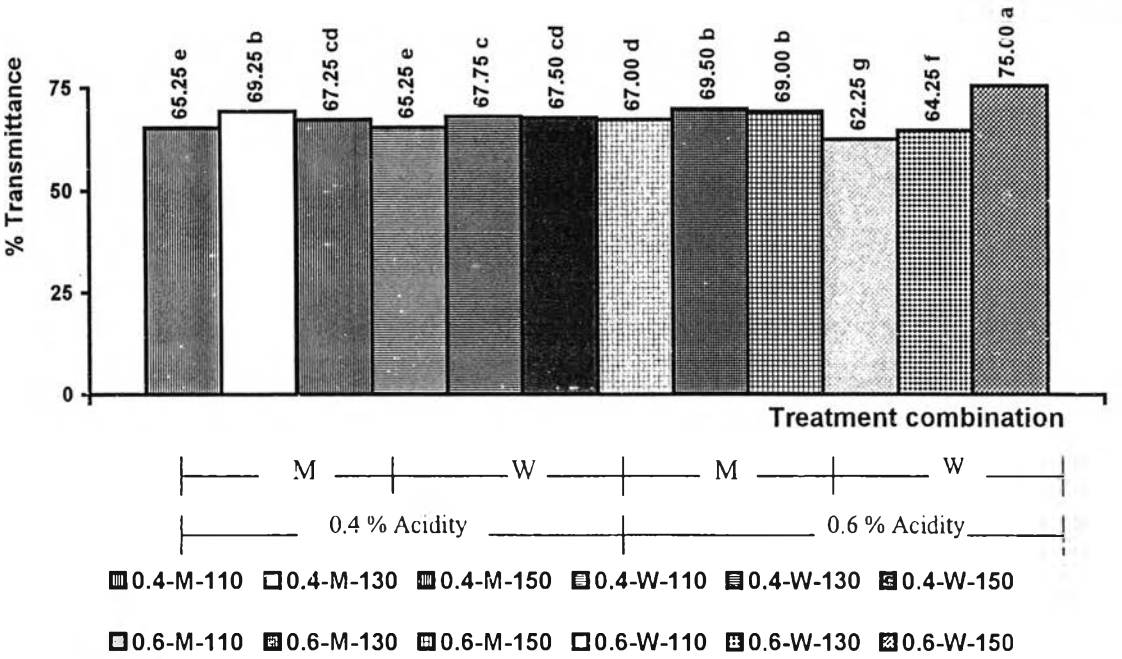
รูปที่ 4.48 อิทธิพลร่วมของปริมาณกรดเริ่มต้น ขั้นตอนการเติมเพคติเนสเอนไซม์ และปริมาณเอนไซม์ที่เติมต่อค่าพีเอช (pH) ของไวน์หม่อน

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

0.4, 0.6 = ปริมาณกรดเริ่มต้น (%); 110, 130, 150 = ปริมาณเพคติเนสเอนไซม์ (มก./กก.)

M = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์ในน้ำหมัก

W = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์หลังหมักหรือในไวน์ใหม่หลังหมัก



รูปที่ 4.49 อิทธิพลร่วมของปริมาณกรดเริ่มต้น ขั้นตอนการเติมเพคติเนสเอนไซม์ และปริมาณเอนไซม์ที่เติมต่อความใส (% Transmittance) ของไวน์หม่อน

ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

0.4, 0.6 = ปริมาณกรดเริ่มต้น (%)

M = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์ในน้ำหมัก

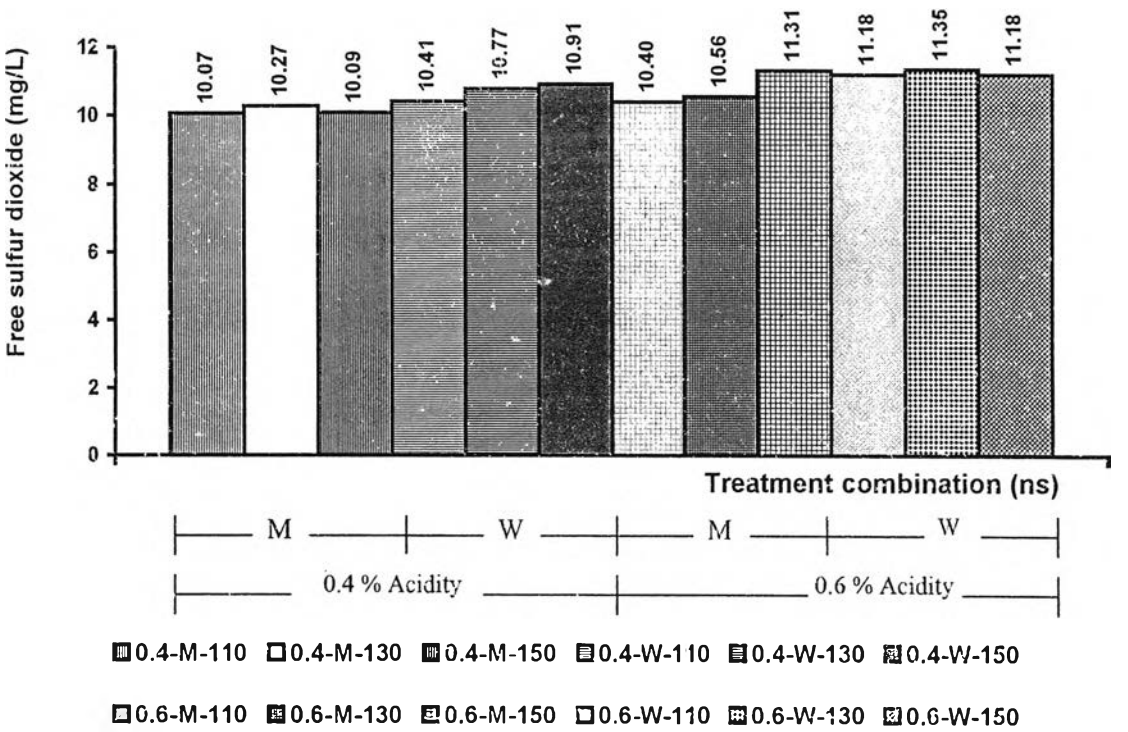
W = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์หลังหมักหรือในไวน์ใหม่หลังหมัก

110, 130, 150 = ปริมาณเพคติเนสเอนไซม์ (มก./กก.)

ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.38–4.49 (ตารางภาคผนวก ค.28-ค.31) พบว่าอิทธิพลร่วมของปริมาณกรดเริ่มต้น ขั้นตอนการเติมเพคติเนสเอนไซม์ และปริมาณเอนไซม์มีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิค (ในรูปกรดแกลลิค) แอนโธไซยานินทั้งหมด เอสเทอร์ (ในรูปเอทิลอะซีเตท) และความใสของไวน์หม่อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่ไม่มีผลต่อค่า Hue ปริมาณอะเซทัลดีไฮด์ กรดระเหย (ในรูปกรดอะซีติก) แอลกอฮอล์ น้ำตาลรีดิวซ์ (ในรูปกลูโคส) ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ($^{\circ}$Brix) ปริมาณกรด (ในรูปกรดซิตริก) และค่า pH ของไวน์หม่อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$)

3.3.2.4 อิทธิพลร่วมของปริมาณกรดเริ่มต้น ขั้นตอนการเติมเพคติเนสเอนไซม์ และปริมาณเอนไซม์ที่เติมที่มีต่อปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์อิสระ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ถูกตรึง และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทั้งหมดในไวน์หม่อน

ผลการทดลองดังรูปที่ 4.50-4.52 และตารางภาคผนวก ค.32 พบว่าอิทธิพลร่วมของปริมาณกรดเริ่มต้น ขั้นตอนการเติมเพคติเนสเอนไซม์ และปริมาณเอนไซม์ที่เติมไม่มีผลต่อปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์อิสระ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ถูกตรึง และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทั้งหมดของไวน์หม่อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)



รูปที่ 4.50 อิทธิพลร่วมของปริมาณกรดเริ่มต้น ขั้นตอนการเติมเพคติเนสเอนไซม์ และปริมาณเอนไซม์ที่เติมต่อปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์อิสระของไวน์หม่อน

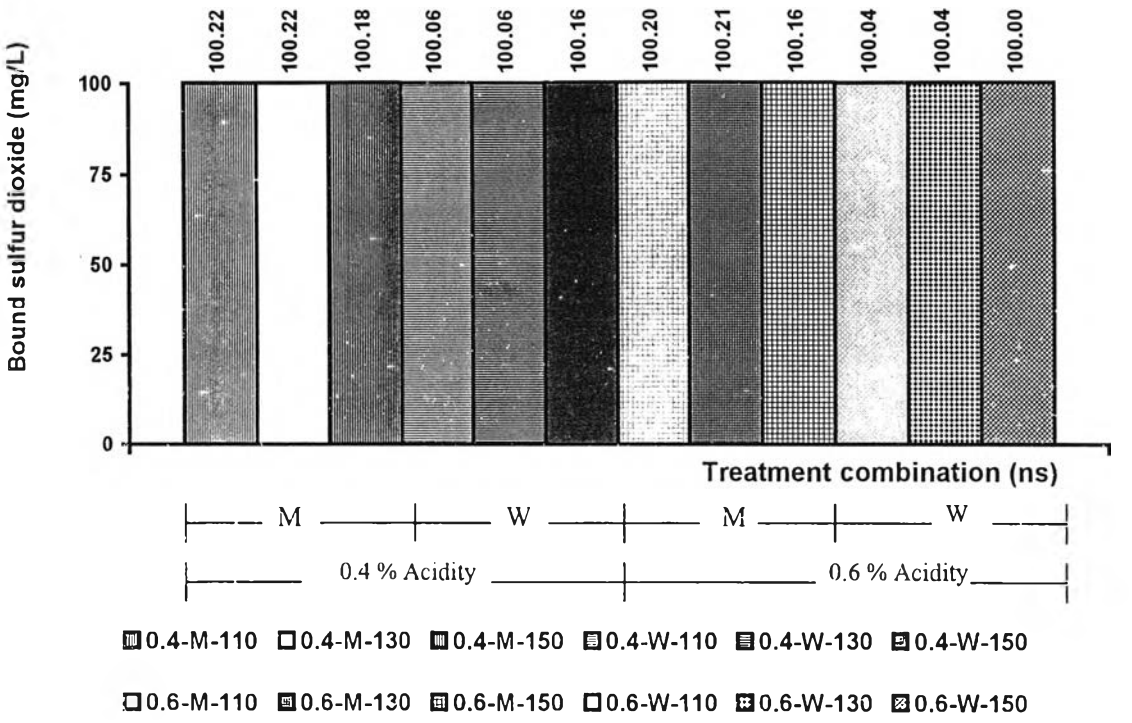
ns ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

0.4, 0.6 = ปริมาณกรดเริ่มต้น (%)

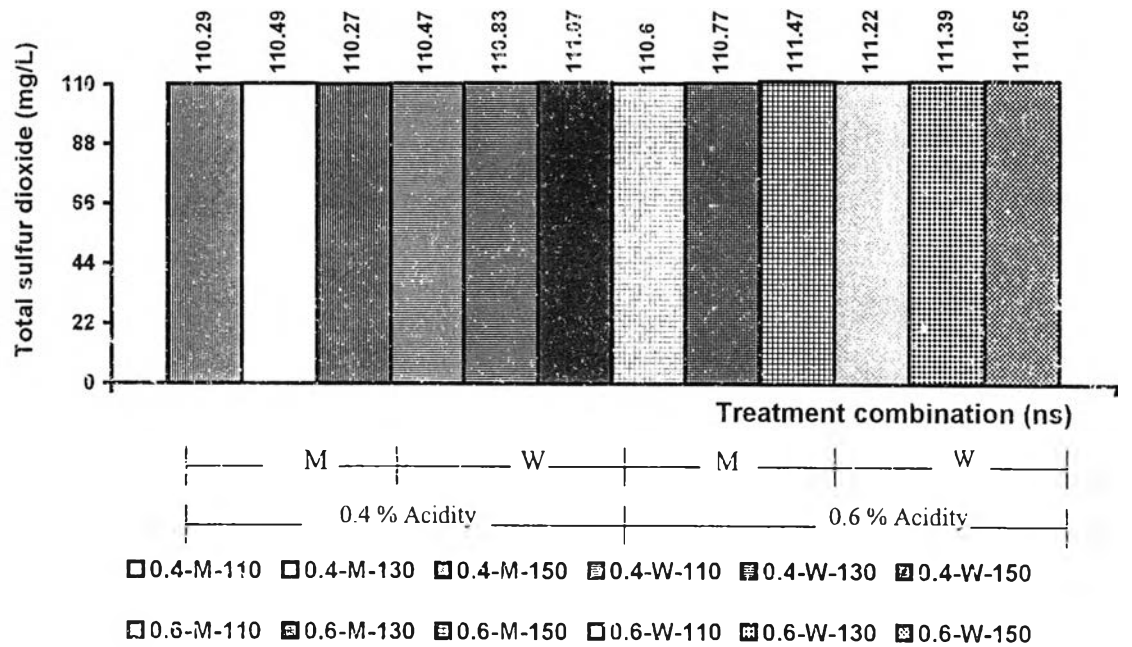
M = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์ในน้ำหมัก

W = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์หลังหมักหรือในไวน์ใหม่หลังหมัก

110, 130, 150 = ปริมาณเพคติเนสเอนไซม์ (มก./กก.)



รูปที่ 4.51 อิทธิพลร่วมของปริมาณกรดเริ่มต้น ขั้นตอนการเติมเพคติเนสเอนไซม์ และปริมาณเอนไซม์ที่เติมต่อปริมาณซัลเฟอร์ที่ถูกตรึงของไวน์หม่อน



รูปที่ 4.52 อิทธิพลร่วมของปริมาณกรดเริ่มต้น ขั้นตอนการเติมเพคติเนสเอนไซม์ และปริมาณเอนไซม์ที่เติมต่อปริมาณซัลเฟอร์ทั้งหมดของไวน์หม่อน

ns ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

0.4, 0.6 = ปริมาณกรดเริ่มต้น (%); 110, 130, 150 = ปริมาณเพคติเนสเอนไซม์ (มก./กก.)

M = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์ในน้ำหมัก

W = ไวน์หม่อนที่เติมเพคติเนสเอนไซม์หลังหมักหรือในไวน์ใหม่หลังหมัก

4. ประเมินผลทางประสาทสัมผัสไวน์หม่อนหลังบ่ม

4.1 <u>อิทธิพลของปริมาณกรดเริ่มต้น ขั้นตอนการเติมเพคติเนสเอนไซม์ ปริมาณเอนไซม์ที่เติมและการบ่มต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไวน์หม่อน</u>

ปริมาณกรดเริ่มต้นมีผลต่อคะแนนเฉลี่ยด้านกลิ่นและรสชาติที่ค้างในปากหลังดื่ม (aftertaste) และคะแนนรวมคุณภาพทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) คือการปรับกรดเริ่มต้นร้อยละ 0.4 มีผลให้ไวน์หม่อนได้คะแนนด้านกลิ่นและรสชาติที่ค้างในปาก และคะแนนรวมคุณภาพทั้งหมด (total) สูงกว่าไวน์หม่อนที่ปรับกรดเริ่มต้นร้อยละ 0.6 แต่ไม่มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ และคุณภาพโดยรวม (overail) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$) ขั้นตอนการเติมเพคติเนสเอนไซม์ และปริมาณเอนไซม์ที่เติมไม่มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยคุณภาพของไวน์หม่อนในทุกๆด้าน การบ่มมีผลต่อคะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏ และคุณภาพโดยรวมของไวน์หม่อน แต่ไม่มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยด้านกลิ่น รสชาติ กลิ่นและรสชาติที่ค้างในปาก และคะแนนรวมคุณภาพทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$) ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 คะแนนเฉลี่ยของคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไวน์หม่อนที่เป็นผลจากอิทธิพลของปริมาณกรดเริ่มต้น ขั้นตอนการเติมเพคติเนสเอนไซม์ ปริมาณเอนไซม์ และการบ่ม

ปัจจัย	Appearance (3 คะแนน)	Aroma (6 คะแนน)	Taste (6 คะแนน)	Aftertaste (3 คะแนน)	Overall (2 คะแนน)	Total (20 คะแนน)
ปริมาณกรด						
0.4 %	2.31±0.22 ns	4.28±0.43 ns	4.04±0.43 ns	2.04 ±0.27 a	1.26±0.20 ns	13.92 ±1.07 a
0.6 %	2.24±0.24 ns	4.23±0.47 ns	4.04±0.45 ns	1.84±0.35 b	1.19±0.19 ns	13.53±1.22 b
การเติมเอนไซม์ ns						
ในน้ำหมัก	2.26±0.26	4.19±0.42	4.04±0.41	1.88±0.21	1.20±0.17	13.54±1.10
หลังหมัก	2.29±0.26	4.32±0.47	4.05±0.47	1.99±0.32	1.24±0.21	13.91±1.21
ปริมาณเอนไซม์ ns						
110 มก./ กก.	2.21±0.22	4.33±0.43	4.06±0.45	1.99±0.22	1.27±0.20	13.85±1.09
130 มก./ กก.	2.29±0.24	4.21±0.44	4.03±0.40	1.88±0.35	1.17±0.19	13.59±1.11
150 มก./ กก.	2.26±0.24	4.23±0.48	4.04±0.47	1.95±0.31	1.23±0.18	13.74±1.30
การบ่ม						
12 สัปดาห์	2.36±0.22 a	4.25±0.43 ns	4.05±0.46 ns	1.94±0.31 ns	1.16±0.29 b	13.75±1.05 ns
24 สัปดาห์	2.19±0.24 b	4.27±0.42 ns	4.04±0.42 ns	1.93±0.34 ns	1.28±0.28 a	13.70±1.23 ns

a,b แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$)

4.2 อิทธิพลร่วมของปริมาณกรดเริ่มต้น ขั้นตอนการเติมเอนไซม์ และปริมาณเอนไซม์ต่อคุณภาพทางบประสาทสัมผัสของไวน์หม่อน

อิทธิพลร่วมของปริมาณกรดเริ่มต้น ขั้นตอนการเติมเพคติเนสเอนไซม์ และปริมาณเอนไซม์ พบว่า ไม่มีผลต่อคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสในทุกๆ ด้าน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 คะแนนเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไวน์หม่อนที่เป็นผลจากอิทธิพลร่วมของปริมาณกรดเริ่มต้น ขั้นตอนการเติมเอนไซม์ และปริมาณเอนไซม์

ปริมาณกรดเริ่มต้น (%)	ขั้นตอนการเติมเอนไซม์	ปริมาณเอนไซม์ (มก./กก.)	คะแนนเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัส ns					
			Appearance (3 คะแนน)	Aroma (6 คะแนน)	Taste (6 คะแนน)	Aftertaste (3 คะแนน)	Overall (2 คะแนน)	Total (20 คะแนน)
0.4	ในน้ำหมัก	110	2.24±0.23	4.28±0.37	4.08±0.43	1.85±0.27	1.25±0.19	14.01±0.89
		130	2.13±0.22	4.39±0.46	4.23±0.37	2.07±0.28	1.36±0.16	13.50±0.90
		150	2.38±0.22	4.40±0.36	4.15±0.30	1.83±0.31	1.05±0.15	13.65±1.09
	หลังหมัก	110	2.20±0.25	4.10±0.47	3.88±0.41	1.82±0.41	1.25±0.21	14.12±1.32
		130	2.40±0.22	3.90±0.44	3.88±0.50	1.83±0.24	1.11±0.15	13.67±1.11
		150	2.22±0.24	4.10±0.50	4.03±0.20	1.91±0.35	1.18±0.16	14.59±1.13
0.6	ในน้ำหมัก	110	2.28±0.20	4.15±0.42	3.88±0.50	2.05±0.25	1.09±0.21	13.79±0.96
		130	2.22±0.23	4.50±0.53	4.07±0.46	1.98±0.30	1.39±0.21	13.42±1.37
		150	2.43±0.23	4.29±0.51	4.18±0.44	1.95±0.42	1.18±0.24	12.86±1.33
	หลังหมัก	110	2.17±0.24	4.05±0.42	3.90±0.39	1.91±0.27	1.20±0.16	13.48±1.20
		130	2.43±0.23	4.48±0.48	4.13±0.50	2.15±0.23	1.28±0.20	13.76±1.27
		150	2.22±0.21	4.45±0.45	4.13±0.49	1.90±0.33	1.34±0.20	13.87±1.54

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)