

### บทที่ 3

#### ผลการทดลอง

##### 1. ผลการใช้เอนไซม์เพคตินेसในการสกัดน้ำผลไม้

การศึกษาผลของการใช้เอนไซม์เพคตินेसต่อการเปลี่ยนแปลงของน้ำลูกหว้าโดยใช้เอนไซม์เพคตินेस 2 ชนิด ได้แก่ เอนไซม์ LALLYME HC ที่ใช้ทางการค้า และเอนไซม์ Pectinase AR ที่ได้จากเชื้อ *Aspergillus niger* และใช้ความเข้มข้นของเอนไซม์ 25 และ 50 พีพีเอ็ม แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 30 นาที พนว่าการเติมเอนไซม์เพคตินेसในน้ำลูกหว้ามีผลทำให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณแอนโซไซยานิน และความใสเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำลูกหว้าที่ไม่มีการเติมเอนไซม์เพคตินेस (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ผลของเอนไซม์เพคตินेसต่อองค์ประกอบของน้ำลูกหว้า

	น้ำลูกหว้า				
	เติมเอนไซม์		เติมเอนไซม์		
	ไม่เติม	LALLYME HC		Pectinase AR	
เอนไซม์	25	50	25	50	พีพีเอ็ม
ปริมาณแอนโซไซยานิน (มก.ต่อ 100 มล.)	18.84 <sup>ab*</sup>	20.04 <sup>a</sup>	19.50 <sup>a</sup>	17.02 <sup>ab</sup>	15.65 <sup>b</sup>
ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (มก.ต่อมล.)	142.80 <sup>c</sup>	136.67 <sup>d</sup>	155.70 <sup>a</sup>	145.81 <sup>b</sup>	153.98 <sup>a</sup>
ความใส (%T)	0.53 <sup>b</sup>	0.63 <sup>ab</sup>	0.67 <sup>ab</sup>	0.97 <sup>ab</sup>	1.13 <sup>a</sup>
ปริมาณของแข็งที่ละลาย ได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)	10.13 <sup>b</sup>	10.00 <sup>b</sup>	10.00 <sup>b</sup>	10.10 <sup>b</sup>	10.40 <sup>a</sup>

\*ตัวอักษรต่างกันในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

จากตารางที่ 2 พนว่าการเติมเอนไซม์ LALLYME HC ที่ความเข้มข้น 25 และ 50 พีพีเอ็ม และการเติมเอนไซม์ Pectinase AR ที่ความเข้มข้น 25 พีพีเอ็ม ไม่มีผลต่อการเพิ่มหรือลดลงของปริมาณแอนโซไซยานิน ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และความใสอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ

ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ แต่การใช้เอนไซม์ Pectinase AR ที่ความเข้มข้น 50 พีพีเอ็ม มีผลทำให้ปริมาณแอนโซไซดานินคลดลง และทำให้ปริมาณของเยื่องที่ละลายได้ทั้งหมดและความใสสูงขึ้น เล็กน้อย เนื่องมาจากการที่เอนไซม์เพคตินสลายทำให้โมเลกุลของโปรดีนในคอลลอยด์และเพคตินมารวมตัวเกิดเป็นโมเลกุลใหญ่และตกละลาย ทำให้น้ำผลไม้ที่ได้ใส่ขึ้น (Alvarez *et al.*, 1998) ซึ่งเป็นการช่วยลดความจุนของไวน์ได้ นอกจากนี้ยังพบว่าการเพิ่มความเข้มข้นของเอนไซม์ เพคตินจาก 25 พีพีเอ็ม เป็น 50 พีพีเอ็ม จะทำให้ได้ปริมาณน้ำตาลรีดิวช์สูงขึ้นเล็กน้อย เนื่องจากเอนไซม์เพคตินสลายอย่างเพคติน ได้เป็นน้ำตาลหรือพอลิเมอร์ที่มีปลายข้างหนึ่งมีปลายรีดิวช์เพิ่มขึ้น (ปราณี อ่านเปรื่อง, 2547; Debing *et al.*, 2006) การมีน้ำตาลรีดิวช์เพิ่มขึ้นจะทำให้ได้น้ำตาลซึ่งจะเป็นแหล่งการรับอนให้ยีสต์ได้ใช้เปลี่ยนเป็นแอลกอฮอล์เพิ่มมากขึ้น

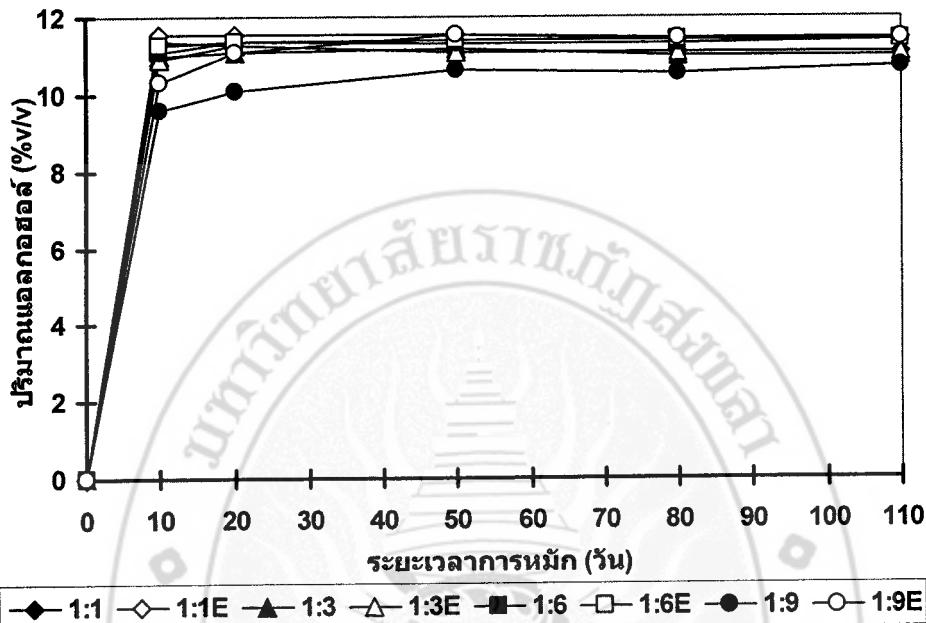
จากการศึกษาในครั้งนี้เลือกการเติมเอนไซม์เพคตินชนิด LALLYME HC ความเข้มข้น 50 พีพีเอ็ม ใน การศึกษาต่อไป เนื่องจากค่าต่างๆ ที่ศึกษามีความแตกต่างจากการใช้เอนไซม์ Pectinase AR แต่เมื่อพิจารณาถึงต้นทุนการผลิต เอนไซม์ LALLYME HC (1 กรัม มีราคาประมาณ 50.40 บาท) มีราคาถูกกว่าเอนไซม์ Pectinase AR ที่ได้จากเชื้อ *Aspergillus niger* (1 กรัม มีราคาประมาณ 184.00 บาท)

## 2. ผลของการเติมเอนไซม์เพคตินสตอร์กิ้นกับไวน์ลูกหัว

การศึกษาผลของการเติมเอนไซม์เพคตินสตอร์กิ้นกับไวน์ลูกหัว โดยเปรียบเทียบผลการเติมเอนไซม์ LALLYME HC ความเข้มข้น 50 พีพีเอ็ม และไม่เติมเอนไซม์เพคตินสตอร์กิ้นกับไวน์ลูกหัวที่เจือจางในอัตราส่วนต่างๆ ได้แก่ 1:1, 1:3, 1:6 และ 1:9 ใช้เชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* สายพันธุ์ Burgandy เป็นระยะเวลา 10 วันที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นทำการถ่ายไวน์ แล้วนำไปบ่มต่อที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 10 วัน จากนั้นทำการถ่ายไวน์อีกครั้งลงในขวดใหม่ รวมระยะเวลาการหมักไวน์ 20 วัน แล้วนำไวน์ไปบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 เดือน โดยจะเก็บตัวอย่างทุกเดือน (ระยะเวลาการหมักไวน์ 50, 80 และ 110 วัน ตามลำดับ) เพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของไวน์ลูกหัว

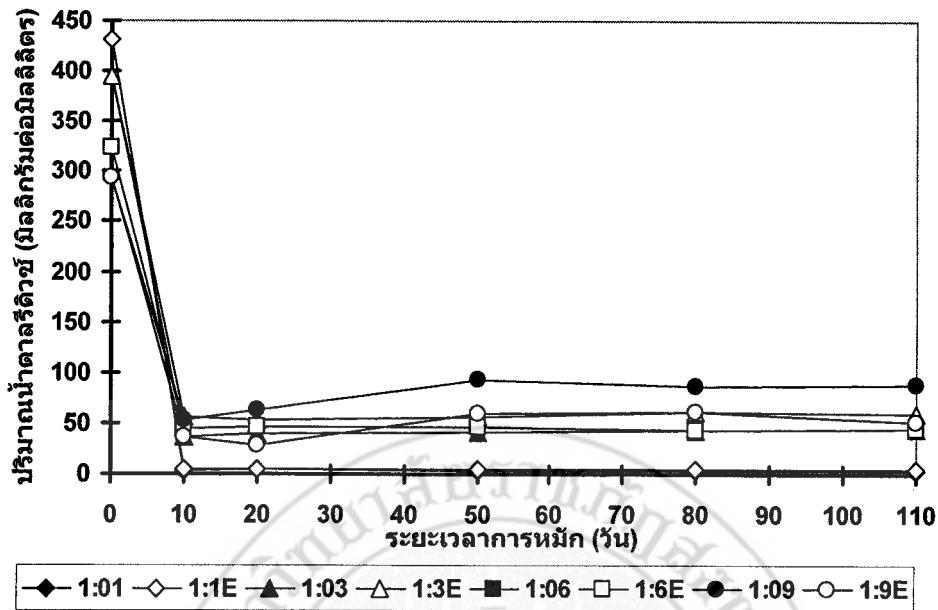
จากการพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแอลกอฮอล์ระหว่างการหมักไวน์ลูกหัว พบร่วมกับเชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* สายพันธุ์ Burgandy สามารถผลิตแอลกอฮอล์ได้ร้อยละ 9.6-11.52 ปริมาตรต่อปริมาตร โดยที่อัตราส่วนระหว่างลูกหัวกับน้ำเท่ากัน 1:1, 1:3 และ 1:6 จะได้ปริมาณแอลกอฮอล์ไม่แตกต่างกัน โดยยีสต์จะผลิตแอลกอฮอล์อย่างรวดเร็วในช่วง 10 วันแรกของการหมัก หลังจากนั้นเมื่อทำการถ่ายไวน์ ปริมาณแอลกอฮอล์จะค่อนข้างคงที่ ยกเว้นที่อัตราส่วนลูกหัวกับน้ำเท่ากัน 1:9 จะได้ปริมาณแอลกอฮอล์ต่ำสุด โดยได้ปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละ 9.6 ปริมาตรต่อปริมาตร จากภาพที่ 4 จะพบว่าเมื่ออัตราส่วนของลูกหัวกับน้ำสูงขึ้นจะทำให้ได้ปริมาณแอลกอฮอล์ที่ลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าการเติมเอนไซม์ LALLYME HC เข้าไปร่วมในระหว่างการหมักไวน์ลูกหัวจะช่วยทำให้ได้ปริมาณแอลกอฮอล์ที่สูงกว่าชุดที่ไม่ได้เติมเอนไซม์ลงไป อาจจะเนื่องมาจากเอนไซม์

LALLYME HC ยังคงมีกิจกรรมต่อเนื่องในการย่อยเพคตินให้ได้เป็นน้ำตาลรีดิวช์เพิ่มขึ้น ซึ่งช่วยให้ยีสต์มีแหล่งการรับอนเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้ปริมาณแอลกอฮอล์ในชุดที่มีการเติมเอนไซม์สูงกว่าชุดที่ไม่เติมเอนไซม์



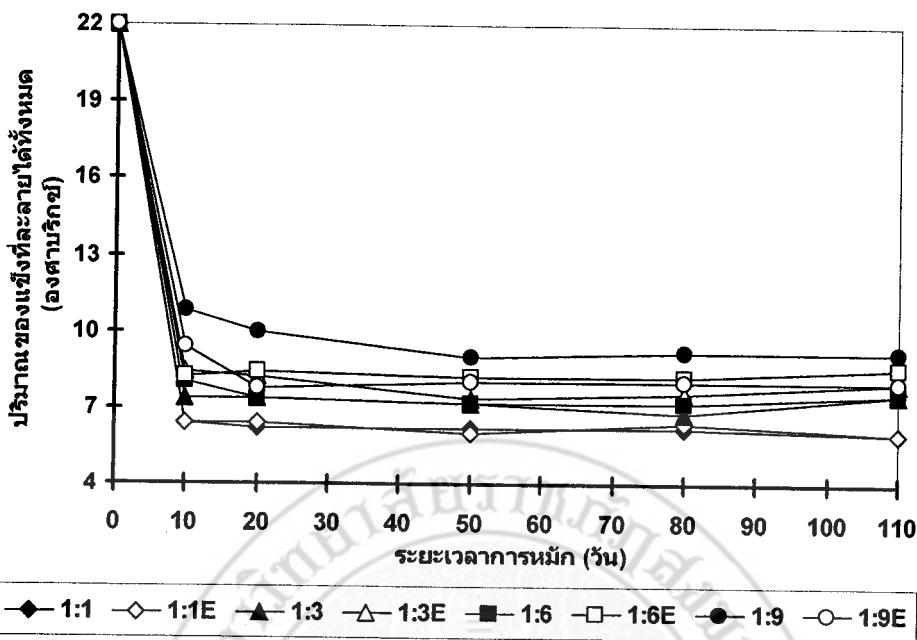
ภาพที่ 4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอลกอฮอล์ระหว่างการหมักไวน์ลูกหัวที่อัตราส่วนของลูกหัวต่อน้ำที่แตกต่างกัน (E ชุดที่มีการเติมเอนไซม์ LALLYME HC ความเข้มข้น 50 พีพีเอ็น ลงไปร่วมระหว่างการหมักไวน์ลูกหัว)

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำตาลรีดิวช์ในระหว่างการหมักไวน์ แสดงดังภาพที่ 5 พบว่าการลดลงของน้ำตาลรีดิวช์จะสัมพันธ์กับการผลิตแอลกอฮอล์ของยีสต์ โดยน้ำตาลรีดิวช์จะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 10 วันแรกของการหมัก หลังจากนั้นการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำตาลรีดิวช์จะน้อยมาก และพบว่าอัตราส่วนลูกหัวต่อน้ำมีผลต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวช์ที่เหลืออยู่ในไวน์ โดยเมื่ออัตราส่วนลูกหัวต่อน้ำมากขึ้นปริมาณน้ำตาลรีดิวช์ที่เหลืออยู่ในไวน์ลูกหัวก็สูงขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเรียกจานน้ำผลไม้มีผลต่อการเรียกจานสารอาหารในน้ำผลไม้ด้วย จึงส่งผลทำให้ยีสต์เจริญไม่ดี และทำให้เชื้อยีสต์เปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์ได้ลดลงโดยที่อัตราส่วนลูกหัวต่อน้ำเท่ากับ 1:9 จะทำให้ได้ปริมาณน้ำตาลรีดิวช์ที่เหลืออยู่ในไวน์มากสุด เท่ากับ 88.6 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร



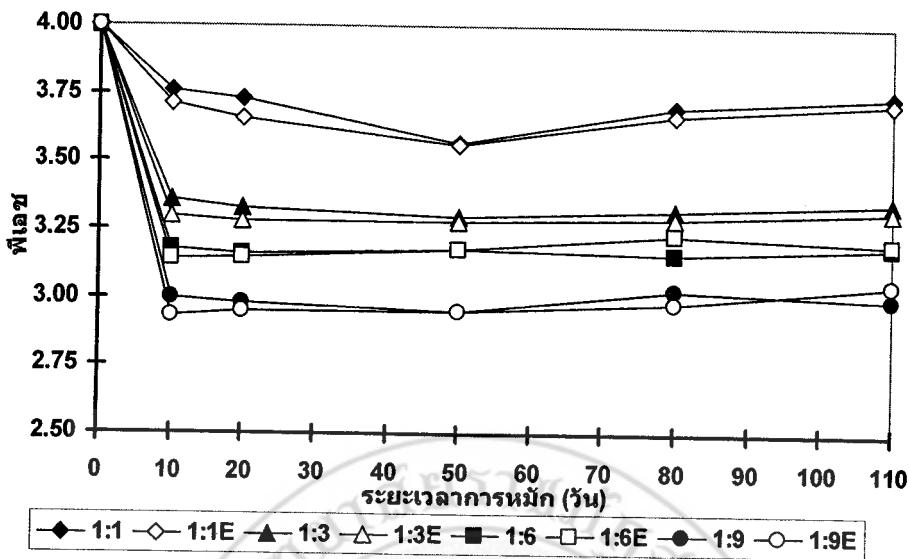
ภาพที่ 5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลเรติซ์ในระหว่างการหมักไวน์ลูกหัวที่อัตราส่วนของลูกหัวต่อน้ำที่แตกต่างกัน (E ชุดที่มีการเติมแอนไซม์ LALLYME HC ความเข้มข้น 50 พีพีเอ็น ลงไปร่วมระหว่างการหมักไวน์ลูกหัว)

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในการหมักไวน์ลูกหัวพบว่าอัตราส่วนระหว่างลูกหัวต่อน้ำมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในไวน์ลูกหัว โดยอัตราส่วนลูกหัวต่อน้ำท่ากับ 1:9 จะมีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดสูงสุด นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดจะลดลงอย่างรวดเร็วใน 10 วันแรกของการหมักนั้นแสดงว่าเยสต์ใช้ของแข็งที่ละลายน้ำได้ในรูปน้ำตาลในการเปลี่ยนให้เป็นแอลกอฮอล์ ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณแอลกอฮอล์ที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 10 วันแรกของการหมัก (ภาพที่ 4) และจะลดลงอีกเพียงเล็กน้อยหลังจากทำการถ่ายไวน์ครั้งที่ 2 และหลังจากบ่มไวน์ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน 3 เดือน (ภาพที่ 6)



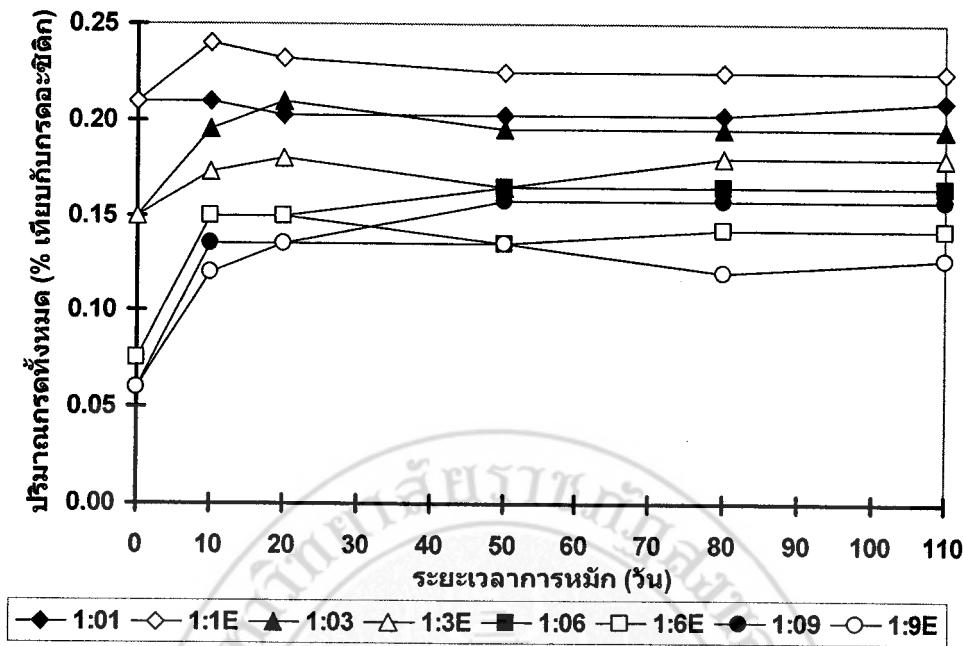
ภาพที่ 6 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของเชื้อที่ละลายได้ทั้งหมดในระหว่างการหมักไวน์ลูกหัวที่อัตราส่วนของลูกหัวต่อองุ่นที่แตกต่างกัน (E ชุดที่มีการเติมเอนไซม์ LALLYME HC ความเข้มข้น 50 พีพีเอ็ม ลิปเปร่วมระหว่างการหมักไวน์ลูกหัว)

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของค่าพีอีชในระหว่างการหมักไวน์ลูกหัวดังแสดงในภาพที่ 7 พบว่าอัตราส่วนลูกหัวต่อองุ่นมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าพีอีช เมื่ออัตราส่วนลูกหัวต่อองุ่นมากขึ้น มีผลทำให้ค่าพีอีชลดลงมากขึ้น โดยพบว่าที่อัตราส่วนลูกหัวต่อองุ่นเท่ากับ 1:9 จะทำให้ค่าพีอีชลดลงต่ำสุด คือ 3.00 รองลงมาคือที่อัตราส่วนลูกหัวเท่ากับ 1:6, 1:3 และ 1:1 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าการเปลี่ยนแปลงของค่าพีอีชจะลดลงอย่างรวดเร็วใน 10 วันแรกของการหมักไวน์ ทั้งนี้เกิดจากการที่เชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* สายพันธุ์ Burgandy มีการเจริญ และเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นผลิตภัณฑ์อื่นออกจากแอลกอฮอล์ เช่น กรดอะซิติก กรดแลกติก กรดซัคcharinic เป็นต้น ทำให้พีอีชลดลง หลังจากถ่ายไวน์และการบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 3 เดือน พบว่า ค่าพีอีชจะคงที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง เมื่อเปรียบการเติมเอนไซม์ LALLYME HC และไม่เติมเอนไซม์ต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าพีอีช พบว่าชุดที่มีการเติมเอนไซม์ LALLYME HC พีอีชต่ำกว่าไม่เติมเอนไซม์เด็กน้อย ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเอนไซม์เพคตินสกัดการย่อยสลายเพคตินหรือแบ่งแล้วปล่อยหมู่คาร์บอซิลออกมา (Sreekantiah et al., 1971)



ภาพที่ 7 การเปลี่ยนแปลงค่าพีอีอชในระหว่างการหมักไวน์ลูกหัวที่อัตราส่วนของลูกหัวต่อน้ำที่แตกต่างกัน (E ชุดที่มีการเติมเอนไซม์ LALLYME HC ความเข้มข้น 50 พีพีเอ็ม ลงไปร่วมระหว่างการหมักไวน์ลูกหัว)

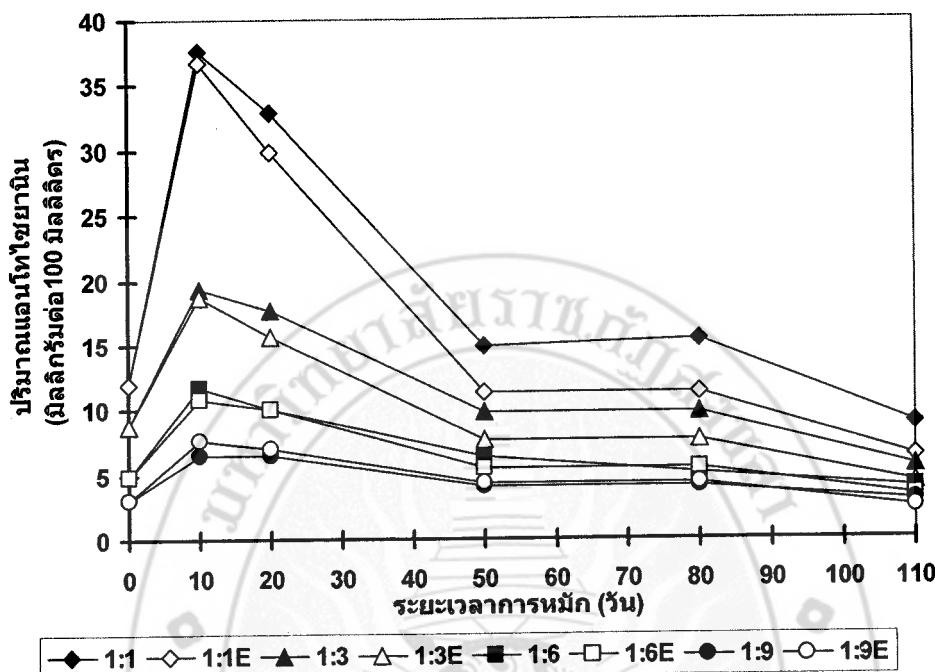
เมื่อพิจารณาเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทึ้งนมดในระหว่างการหมักไวน์ลูกหัว พบร่วมกับอัตราส่วนลูกหัวต่อน้ำมีผลต่อการเดี่ยนแปลงของปริมาณกรดทึ้งนมดในไวน์ โดยเมื่ออัตราส่วนของลูกหัวต่อน้ำมากขึ้นจะทำให้ได้ปริมาณกรดทึ้งนมลดลงตามไปด้วย ปริมาณกรดที่ได้จากการทดลองจะแปรผกผันกับค่าพีอีอช (ภาพที่ 8) ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าไวน์ลูกหัวที่มีอัตราส่วนลูกหัวสูงกว่ามีความเป็นบวกเพอร์หรือการต้านการเปลี่ยนแปลงค่าพีอีอชได้กว่าไวน์ลูกหัวที่มีอัตราส่วนของลูกหัวต่ำกว่า (สืบศักดิ์ กลั่นสอน, 2536)



ภาพที่ 8 การเปลี่ยนแปลงปริมาณครั้งทั้งหมดในระหว่างการหมักไวน์ลูกหัวที่อัตราส่วนของลูกหัวต่อนำ้าที่แตกต่างกัน (E ชุดที่มีการเติมเอนไซม์ LALLYME HC ความเข้มข้น 50 พีพีเอ็ม ลงไปร่วมระหว่างการหมักไวน์ลูกหัว)

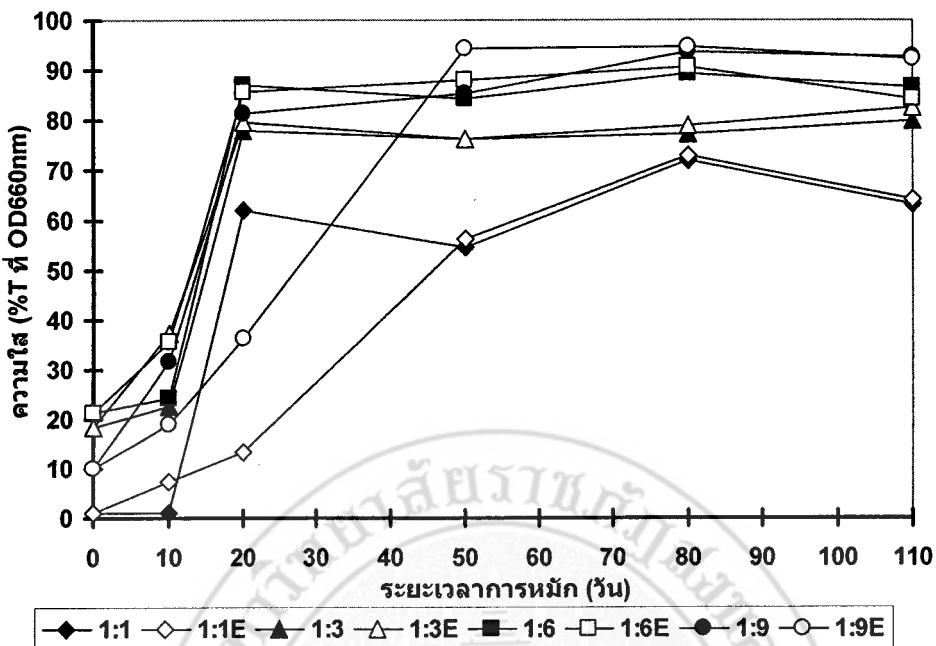
เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแอนโซไซยานินในการหมักไวน์ลูกหัว พบว่า อัตราส่วนของลูกหัวต่อนำ้ามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณแอนโซไซยานิน โดยอัตราส่วนลูกหัวต่อนำ้าที่สูงขึ้นจะทำให้ได้ปริมาณแอนโซไซยานินที่ลดลง (ภาพที่ 9) ซึ่งเป็นผลจากการเจือจางนำ้าลูกหัว ไวน์ที่มีปริมาณลูกหัวสูงจะมีปริมาณแอนโซไซยานินสูงตามไปด้วย จากการทดลองพบว่า ปริมาณแอนโซไซยานินจะสูงในระยะเวลา 10 วันแรกของกระบวนการหมักไวน์ ทั้งนี้อาจเป็นผลจากแอลกอฮอล์ที่เชื้อเยื่อสต์เพลทิบีนมา เพราะแอลกอฮอล์เป็นตัวทำลายที่ดีชนิดหนึ่ง เมื่อมีแอลกอฮอล์เพิ่มมากขึ้นจึงทำให้แอนโซไซยานินถูกสกัดออก ได้มากขึ้นด้วย Lapornik และคณะ (2005) พบว่าแอลกอฮอล์มีคุณสมบัติสกัดสารแอนโซไซยานินออกมากจากลูกเกดแดง และองุ่นได้ดีกว่าการใช้น้ำ โดยที่อัตราส่วนลูกหัวต่อนำ้า 1:1 จะให้ปริมาณแอนโซไซยานินสูงสุด มีค่าเท่ากับ 37.59 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร (ภาพที่ 9) แต่หลังจากทำการถ่ายไวน์และบ่มไวน์ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 เดือน จะทำให้ปริมาณแอนโซไซยานินลดลงได้ โดยปริมาณแอนโซไซยานินลดลงประมาณ 56-82 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เนื่องจากการถ่ายไวน์และการบ่มไวน์ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 เดือน จะทำให้สารประกอบที่แขวนลอยจับตัวกันเองเกิดเป็นอนุภาคที่มีขนาดใหญ่และหนักตกลงมา (Gómez-Plaza *et al.*, 2002) นอกจากนี้การเติมเอนไซม์ LALLYME HC มีผลทำให้ปริมาณแอนโซไซยานินลดลงด้วย เมื่อเทียบกับชุดที่ไม่ได้เติมเอนไซม์ ทั้งนี้อาจเป็นผลของเอนไซม์ไปย่อยสลายแอนโซไซยานิน (Wrolstad *et al.*, 1994) จากการศึกษา

ของ Versari และคณะ (1997) พบว่าหลังจากการเติมเอนไซม์เพคตินสทางการค้าลงไป 4-6 ชั่วโมง ในน้ำรากสาหรี่จะทำให้ปริมาณแอนโซไซยานินลดลง

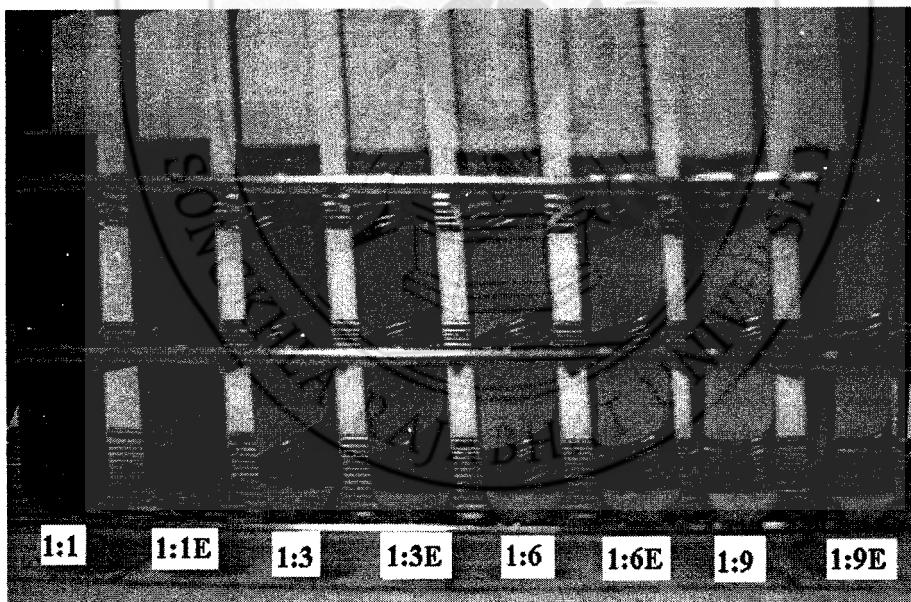


ภาพที่ 9 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอนโซไซยานินในระหว่างการหมักไวน์ลูกหัวที่อัตราส่วนของลูกหัวต่อน้ำที่แตกต่างกัน (E ชุดที่มีการเติมเอนไซม์ LALLYME HC ความเข้มข้น 50 พีพีเอ็ม ลงไปร่วมระหว่างการหมักไวน์ลูกหัว)

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของค่าความใสในการหมักไวน์ลูกหัว ดังแสดงในภาพที่ 10 พบว่าอัตราส่วนของลูกหัวต่อน้ำมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความใส โดยเมื่ออัตราส่วนลูกหัวสูงขึ้นจะทำให้ค่าความใสสูงขึ้น อัตราส่วนลูกหัวกับน้ำเท่ากับ 1:9 จะให้ค่าความใสสูงสุด มีค่า %T เท่ากับ 92 นอกจากนี้พบว่าการถ่ายไวน์สามารถทำให้ไวน์ใสขึ้นประมาณ 3-8 เท่า หลังจากนั้นเมื่อนำไปบ่มต่อที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 เดือน จะทำให้ไวน์มีความใสขึ้นประมาณ 1-8 เท่า (ภาพที่ 10) ทั้งนี้เป็นผลเช่นเดียวกับการลดลงของปริมาณแอนโซไซยานิน คือ ความเย็นสามารถทำให้สารประกอบที่แขวนลอยจับตัวกันเองเกิดเป็นอนุภาครูปไข่ และหนักตกลงมา เป็นผลให้ไวน์มีความใสขึ้น (พงศ์กุล พงศ์สยาม, 2547) นอกจากนี้การถ่ายไวน์ยังช่วยป้องกันการ lysis ตัวองของเซลล์สต์ ซึ่งจะทำให้ไวน์มีรสชาติเปลี่ยนแปลง (ราษี สุรากัญจน์ กุล และคณะ, 2546)



ภาพที่ 10 การเปลี่ยนแปลงค่าความใสในระหว่างการหมักไวน์ลูกหัวที่อัตราส่วนของลูกหัวต่อน้ำที่แตกต่างกัน (E ชุดที่มีการเติมเอนไซม์ LALLYME HC ความเข้มข้น 50 พีพีเอ็ม ลง) ไปร่วมระหว่างการหมักไวน์ลูกหัว



ภาพที่ 11 ลักษณะความใสของไวน์ลูกหัวที่ความเจือจางอัตราส่วนต่าง ๆ (E ชุดที่มีการเติมเอนไซม์ LALLYME HC)

เมื่อพิจารณาการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสโดยการทดสอบการซึมของไวน์ลูกหัวที่มีอัตราส่วนลูกหัวกับน้ำที่ระดับต่างๆ และที่เติมเอนไซม์และไม่เติมเอนไซม์ เมื่อบ่มไวน์ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 เดือน โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 3 พบว่าไวน์ลูกหัวที่ได้รับคะแนนการยอมรับมากที่สุด คือไวน์ที่ใช้อัตราส่วนลูกหัวต่อน้ำเท่ากับ 1:3 ที่เติมเอนไซม์ LALLYME HC ความเข้มข้น 50 พีพีเอ็ม ลงไปร่วมระหว่างการหมักไวน์ลูกหัวซึ่งจะได้รับคะแนนรวมเท่ากับ 11.82 ซึ่งถือว่าเป็นไวน์ที่ยอมรับโดยผู้บริโภค มี defect บ้างเล็กน้อย (ศศิมา อeilim แสงธรรม, 2547) เมื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบชิมไวน์ลูกหัวระหว่างไวน์ลูกหัวที่เติมเอนไซม์ และไม่เติมเอนไซม์ (ภาพที่ 12) พบว่าไวน์ลูกหัวที่เติมเอนไซม์ LALLYME HC ความเข้มข้น 50 พีพีเอ็ม ผู้บริโภคจะให้การยอมรับมากกว่าไวน์ลูกหัวที่ไม่เติมเอนไซม์ ไม่ว่าจะเป็นด้านความใส สี กลิ่นน้ำส้มสายชู ความเปรี้ยว รสชาติ ความขมหรือความเผ็ด และความชอบโดยรวม แต่ได้รับความยอมรับน้อยในด้านความหวาน นอกจากนี้ยังพบว่าไวน์ลูกหัวที่เติมเอนไซม์มีค่าคะแนนรวมสูงกว่าไวน์ลูกหัวที่ไม่เติมเอนไซม์ (ตารางที่ 3) อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาอัตราส่วนของลูกหัวต่อน้ำที่เหมาะสมของไวน์ที่ไม่เติมเอนไซม์ (ภาพที่ 13) พบว่าอัตราส่วนของลูกหัวหัวต่อน้ำเท่ากับ 1:9 ได้รับการยอมรับมากที่สุดเมื่อเทียบกับอัตราส่วนลูกหัวต่อน้ำที่ระดับอื่นๆ ทั้งนี้เป็นผลมาจากการผู้ทดสอบมีประสบการณ์ชิมไวน์ไม่นานนัก จะเห็นได้จากผู้ทดสอบส่วนใหญ่ชอบไวน์ที่มีความหวานสูงสุด และปริมาณแอลกอฮอล์ต่ำสุด และพบว่าอัตราส่วนของลูกหัวต่อน้ำเท่ากับ 1:9 ให้สีที่จางเกินไป อีกทั้งยังมีกลิ่นน้ำส้มสายชูในระดับแรงปานกลาง ซึ่งเป็นลักษณะของไวน์ที่ไม่ดี ดังนั้นในการคัดเลือกทำไวน์ลูกหัวเพื่อใช้สำหรับทดลองต่อไปจะเลือกอัตราส่วนลูกหัวต่อน้ำเท่ากับ 1:3 เนื่องจากได้รับการยอมรับที่ไม่แตกต่างกันที่อัตราส่วนของลูกหัวต่อน้ำเท่ากับ 1:9

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบชิมไวน์ลูกหัวว้า โดยผู้ทดสอบชิม 30 คน

	อัตราส่วนของลูกหัวว้าต่อน้ำ							
	1:1	1:1E*	1:3	1:3E	1:6	1:6E	1:9	1:9E
1. ความใส (2)	1.15	1.27	1.53	1.62	1.45	1.60	1.67	1.72
2. สี (2)	0.69	0.96	1.00	1.18	1.22	1.20	0.93	1.09
3. กลิ่น (4)	1.30	1.00	1.00	1.10	1.03	1.07	1.37	0.77
4. กลิ่นน้ำส้มสายชู (2)	1.40	1.53	1.49	1.60	1.47	1.44	1.13	1.53
5. ความเปรี้ยว (2)	0.60	0.62	0.88	0.98	0.67	0.87	0.80	1.12
6. ความหวาน (1)	0.93	0.88	0.69	0.61	0.73	0.59	0.52	0.58
7. บดดี (1)	0.63	0.47	0.80	0.93	0.73	0.93	0.93	0.87
8. รสชาติ (2)	0.23	0.24	0.93	1.20	0.87	1.17	1.16	1.03
9. ความขมหรือเผ็ด (2)	0.95	0.85	1.30	1.30	1.03	1.32	1.03	1.37
10. คุณภาพโดยรวม (2)	0.30	0.29	1.04	1.30	0.97	1.23	1.20	1.14
คะแนนรวม** (20)	8.19	8.10	10.67	11.82	10.18	11.42	10.74	11.22

\* E หมายถึงชุดที่ไม่เติมเอนไซม์

\*\* คะแนนรวมของลักษณะไวน์ดังนี้

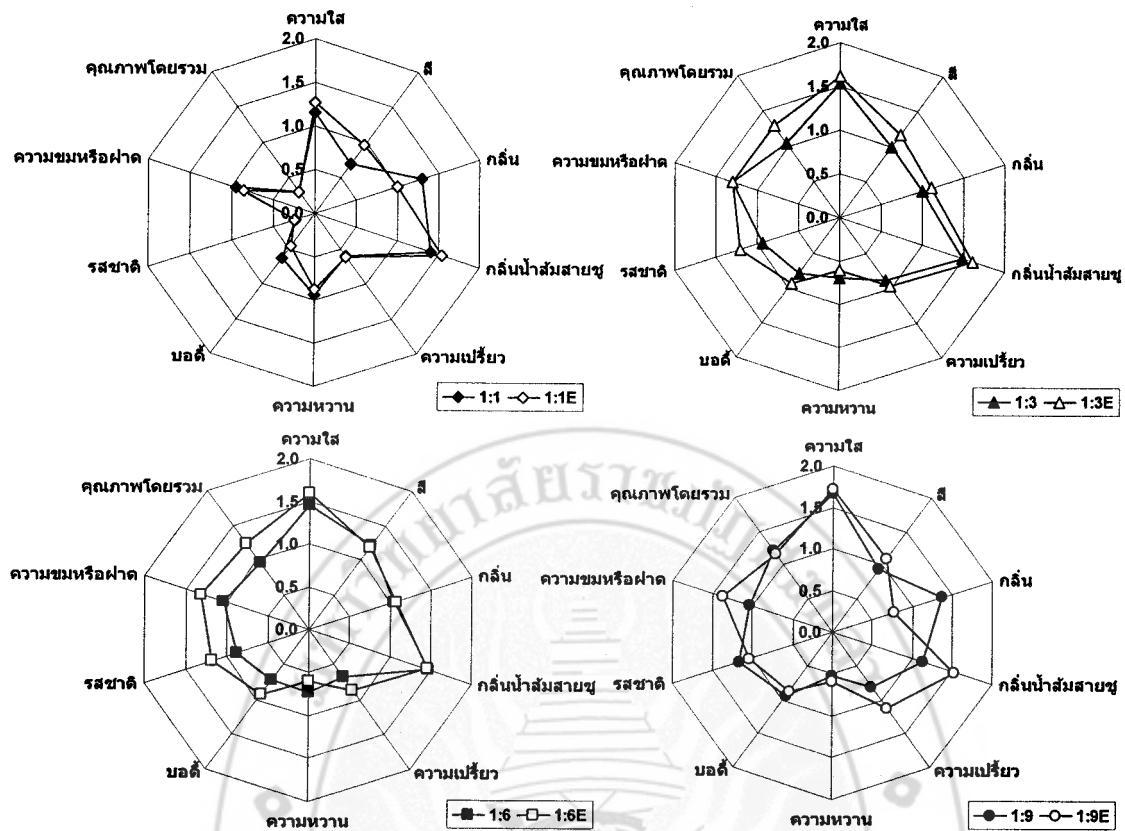
17-20 คะแนน เป็นไวน์ที่มีคุณภาพดีเด่นและไม่มี defect ใดๆ

13-16 คะแนน เป็นไวน์มาตรฐาน ไม่มีอะไรเด่นหรือด้อย (defect)

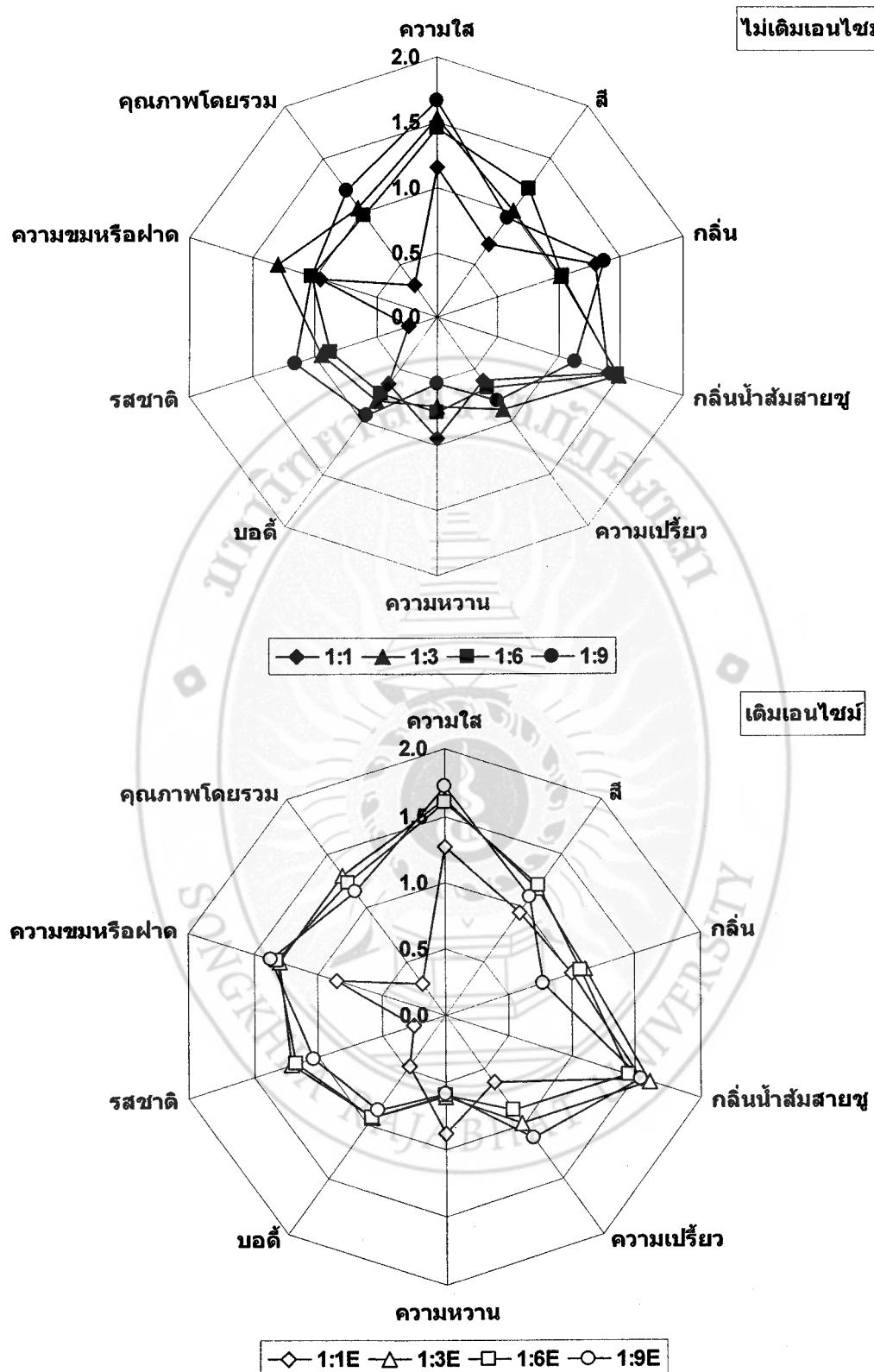
9-12 คะแนน เป็นไวน์ที่ยอมรับโดยผู้บริโภค มี defect บ้างเล็กน้อย

5-8 คะแนน เป็นไวน์ที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับ

1-4 คะแนน เป็นไวน์เสีย



ภาพที่ 12 ภาพไข่แมงมุมของผลการทดสอบชิมไวน์ถูกหัวฯ เปรียบระหว่างการเติม และไม่เติม  
เอนไซม์



ภาพที่ 13 ภาพไทรแกรมมุนของผลการทดสอบชิม ไว้น้ำลูกหัวผ่านการบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 เดือน

### 3. ผลการศึกษาคุณสมบัติของไวน์มะเม่า ไวน์ลูกหัวว้า ไวน์มะม่วงหิมพานต์และไวน์กำช้ำ

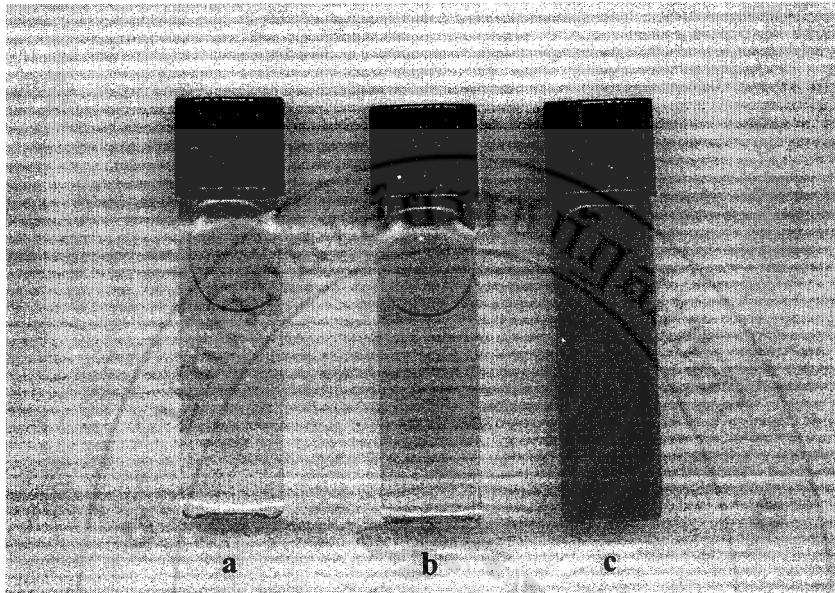
การศึกษาการทำไวน์ผลไม้ให้ได้โดยการใช้อ่อนไชม์และสารช่วยในการตกตะกอนโดยศึกษาจากไวน์ผลไม้ 4 ชนิดคือ ไวน์มะเม่า ไวน์ลูกหัวว้า ไวน์มะม่วงหิมพานต์และไวน์กำช้ำ (มะหวาน) ที่ผ่านการหมักมาแล้ว ทำการ rack ลงขวดใหม่แล้วแต่ยังมีความชุ่นอยู่ จากนั้นนำมาศึกษาคุณสมบัติของไวน์ซึ่งให้ค่าต่าง ๆ แตกต่างกันเล็กน้อยตามคุณสมบัติของผลไม้ที่นำมาเป็นวัตถุใน การหมักไวน์ โดยไวน์มะเม่ามีพีเอช 4.0 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 5.80 องศาบริกซ์ ปริมาณแอลกอฮอล์ 12% และปริมาณกรดทั้งหมด 0.49% ซึ่งแตกต่างจากรายงานของมนิธย์ ตั้ง คระภูด และคณะ (2547) ที่ทดสอบคุณภาพของไวน์มะเม่าของสหกรณ์การเกษตรโนนหัวช้าง จังหวัดสกลนคร พบว่า ไวน์มะเม่าที่ศึกษามีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 8.96 องศาบริกซ์ ปริมาณแอลกอฮอล์ 10.4 % และปริมาณกรดทั้งหมด 1.01% ซึ่งค่ามาตรฐานของไวน์มะเม่าคือ ปริมาณกรดทั้งหมดต้องอยู่ในช่วง 0.4-0.7% ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (น้ำตาล) 1.0 องศาบริกซ์ และปริมาณแอลกอฮอล์ไม่เกิน 15% ไวน์ลูกหัวว้ามีค่าความใสเท่ากับ 80.10% พีเอช 3.35 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 7.6 องศาบริกซ์ ปริมาณแอลกอฮอล์ 11% และปริมาณกรดทั้งหมด 0.20% ในขณะที่ไวน์มะม่วงหิมพานต์และไวน์กำช้ำมีคุณสมบัติต่าง ๆ ค่อนข้างใกล้เคียงกันซึ่งแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 คุณสมบัติของไวน์มะเม่า ไวน์ลูกหัวว้า ไวน์มะม่วงหิมพานต์ และไวน์กำช้ำ

คุณสมบัติ	ไวน์มะเม่า	ไวน์ลูกหัวว้า	ไวน์มะม่วงหิมพานต์	ไวน์กำช้ำ
พีเอช	4.00	3.35	3.90	3.52
ปริมาณของแข็งที่ ละลายได้ °Bx	5.80	7.6	6.33	6.83
ปริมาณแอลกอฮอล์ (%)	12.00	11.0	12.6	13.6
ปริมาณกรดทั้งหมด (%)	0.49	0.20	0.20	0.21
ความใส (%T)	59.50	80.10	94.77	96.50

เมื่อพิจารณาคุณสมบัติด้านสี ความใสและการตกตะกอนพบว่า ไวน์มะเม่าที่ได้มีลักษณะสีน้ำตาลอ่อนเหลือง ชุ่นและมีตะกอนมาก ในขณะที่ไวน์มะม่วงหิมพานต์และไวน์กำช้ำมีลักษณะใส และไม่ตกละลายแต่อย่างใด โดยไวน์มะม่วงหิมพานต์จะมีสีเหลืองอ่อน ใส และมีกลิ่นหอมเฉพาะตัว และไวน์กำช้ำจะมีสีเหลืองอมส้มและใสกว่าไวน์มะม่วงหิมพานต์เล็กน้อย (ภาพที่ 14) เมื่อวัดค่าความใส (% Transmittance) ด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 660 นาโนเมตร พบว่าเบอร์เซ็นต์ความใสของไวน์มะเม่า ไวน์มะม่วงหิมพานต์และไวน์กำช้ำมีค่า 59.50, 94.77 และ 96.50% ตามลำดับ จากผลการทดลองจะพบว่าทั้งไวน์มะม่วงหิมพานต์และไวน์กำช้ำมีค่าความ

ไสอยู่ในระดับที่สูงอยู่แล้ว ดังนั้นจึงเลือกเพียงไวน์มะเมื่อที่มีความใสสะอาดที่สุดมาทำการศึกษาในขั้นตอนต่อไปคือนำมาทำให้ใสโดยการเติมเขนไซม์เพคตินสเปรย์เทียบกับการเติมสารช่วยในการตกรตะกอนอีก 3 ชนิด คือเกซีน เจลลาติน และเบนโตไนท์ และเก็บตัวอย่างไปวิเคราะห์ค่าต่าง ๆ ต่อไป



ภาพที่ 14 ลักษณะความใสของไวน์ที่ทำการทดสอบ (a : ไวน์กำดำ ; b : ไวน์มะม่วงหิมพานต์ ; c : ไวน์มะเมื่อ)

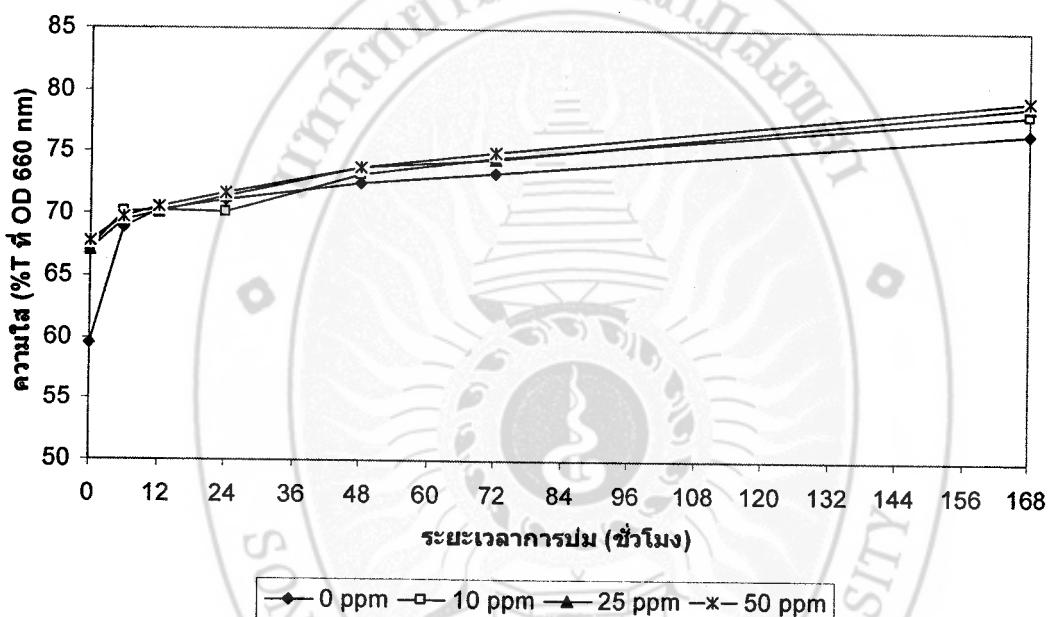
#### 4. ผลของการใช้เพคตินส์ และสารช่วยตกรตะกอนชนิดอื่นต่อความใสและคุณภาพของไวน์มะเมื่อ

การศึกษาผลของการทำไวน์มะเมื่อให้ใสโดยการใช้เขนไซม์เพคตินสปริมาน 0, 10, 25 และ 50 พีพีเอ็ม เปรียบเทียบกับการใช้สารช่วยในการตกรตะกอนคือเกซีน 0, 50, 100 และ 5000 พีพีเอ็ม เติมเจลลาติน 0, 10, 50 และ 100 พีพีเอ็ม และเติมเบนโตไนท์ 0, 100, 300 และ 500 พีพีเอ็ม จากนั้น เก็บตัวอย่างที่เวลา 0, 12, 24, 48, 72 และ 168 ชั่วโมง เพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นโดยการวิเคราะห์หาค่าความใส ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ พีอีซ ความเป็นกรด ปริมาณสารแอนโธไซยานิน และวัตถุค่าแอลกอฮอร์ที่เวลาเริ่มต้นและสิ้นสุดการทดลอง

##### การเปลี่ยนแปลงค่าความใสของไวน์มะเมื่อ

ไวน์มะเมื่อที่ศึกษามีความใสเริ่มต้นที่ประมาณ 59.5% ซึ่งมีลักษณะชุ่นและมีตะกอนแขวนลอยอยู่ค่อนข้างมาก เมื่อทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าความใสโดยการใช้เขนไซม์เพคตินส์และสารช่วยในการตกรตะกอนที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ได้ผลดังภาพที่ 15 พบว่าการใช้

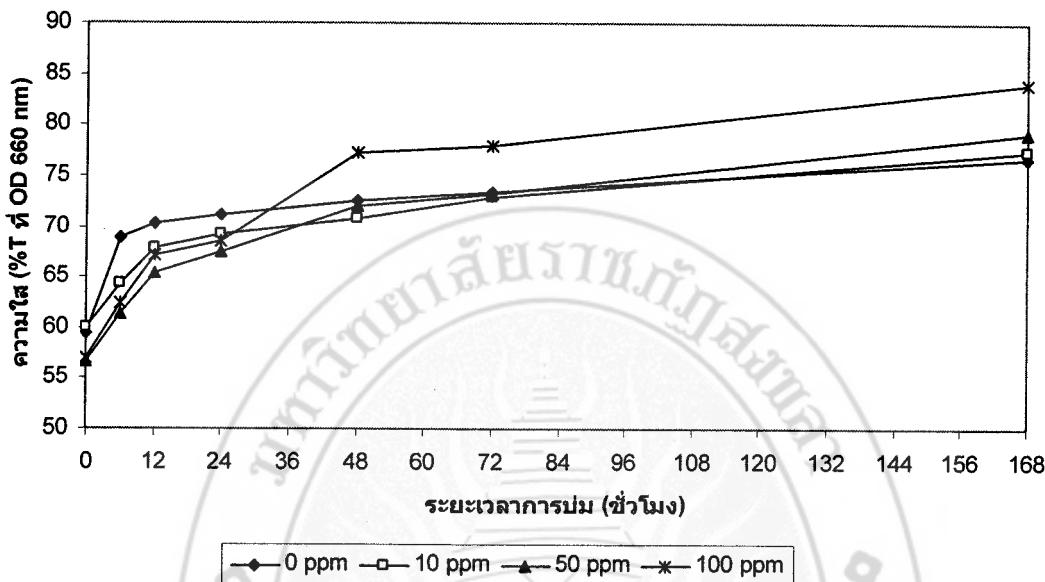
เอนไซม์เพคตินสสารสามารถทำให้ไวน์มีเม่าໄลสขึ้นได้ โดยเมื่อเริ่มการทดลอง ไวน์มีเม่าที่เติมเอนไซม์เพคตินแล้วมีความໄลสขึ้นเป็น 67% และมีความใสเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการบ่มผ่านไปซึ่งเมื่อสิ้นสุดการทดลองที่เวลาการบ่ม 168 ชั่วโมง พบว่า ตัวอย่างไวน์ที่เติมเอนไซม์เพคตินที่ความเข้มข้น 50 พีพีเอ็ม มีความใสมากที่สุด คือ 79.4% รองลงมาคือ ไวน์ที่เติมเอนไซม์เพคตินที่ความเข้มข้น 25 พีพีเอ็ม มีความใส 79.1% และ ไวน์ที่เติมเอนไซม์เพคตินที่ความเข้มข้น 10 พีพีเอ็ม มีความใส 79.1% และ ไวน์ที่เติมเอนไซม์เพคตินที่ความเข้มข้น 10 พีพีเอ็ม มีความใสอยู่ที่ 78.6% ในขณะที่ไวน์มีเม่าที่ไม่มีการเติมเอนไซม์มีความใสเป็น 77.4% ซึ่งไวน์มีเม่าทุกชุดการทดลองมีความใสเพิ่มขึ้นจากชั่วโมงเริ่มต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p<0.05$ ) แต่อย่างไรก็ตามเมื่อทำการเปรียบเทียบที่ชั่วโมงสุดท้ายของการทดลองพบว่าค่าความใสของไวน์ทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $p>0.05$ )



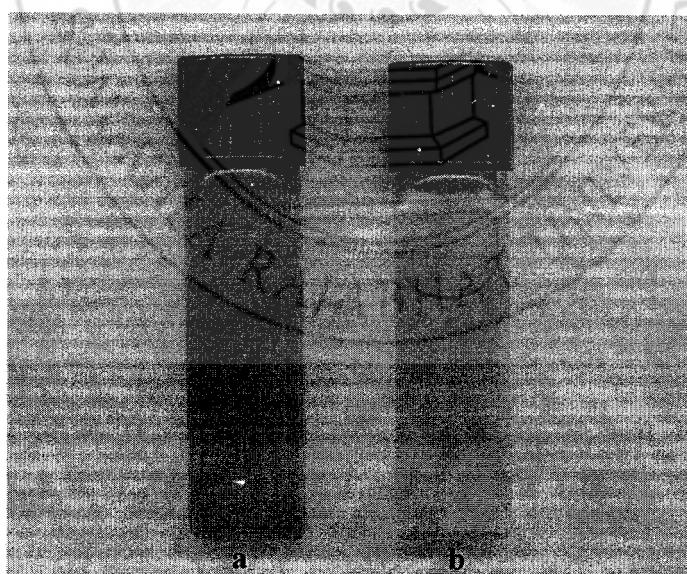
ภาพที่ 15 การเปลี่ยนแปลงค่าความใสในระหว่างการบ่มไวน์มีเม่าที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเอนไซม์เพคตินที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

เมื่อพิจารณาถึงค่าความใสของไวน์มีเม่าที่ผ่านการทำให้ใสโดยการใช้เจลตานเป็นสารตกตะกอน พบว่า ความเข้มข้นของเจลตานมีผลต่อความใสของไวน์มีเม่าที่ได้ โดยตัวอย่างไวน์ที่ใช้เจลตานที่ความเข้มข้น 100 พีพีเอ็ม มีความใสที่สุดคือ 84% รองลงมาคือ ไวน์ที่ใช้เจลตานที่ความเข้มข้น 50 พีพีเอ็ม มีความใส 77.9% ในขณะที่ไวน์ที่เติมเจลตานความเข้มข้น 10 พีพีเอ็ม มีค่าความใสอยู่ที่ 77.7% ซึ่งสูงกว่าไวน์ที่ไม่มีการเติมเจลตานที่มีความใส 77.4% ที่เวลาการบ่มผ่านไป 168 ชั่วโมง ซึ่งค่าความใสเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p<0.05$ ) เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความใสที่เวลาเริ่มต้นการทดลอง และจากภาพที่ 16 จะเห็นได้ว่าค่าความใสของไวน์ทุกชุดการทดลองมีการเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อระยะเวลาการบ่มเพิ่มขึ้น และที่เวลาการบ่มผ่านไป 48 ชั่วโมงจะสังเกตเห็นว่าไวน์ที่เติมเจลตานที่ความเข้มข้น 100 พีพีเอ็มเริ่มมีค่าความใสสูงขึ้นกว่าการทดลองอื่นอย่างเห็น

ได้ชัด แต่เมื่อสิ้นสุดการทดลองแล้วพบว่าแม้ค่าความใสของไวน์ที่เติมสารเจลلاتินจะสูงกว่าไวน์ที่ไม่มีการเติมเจลلاتินก็ตาม แต่ไม่พบร่วมแตกต่างทางสถิติ ( $p>0.05$ ) ของค่าความใสของไวน์ในแต่ละชุดการทดลอง

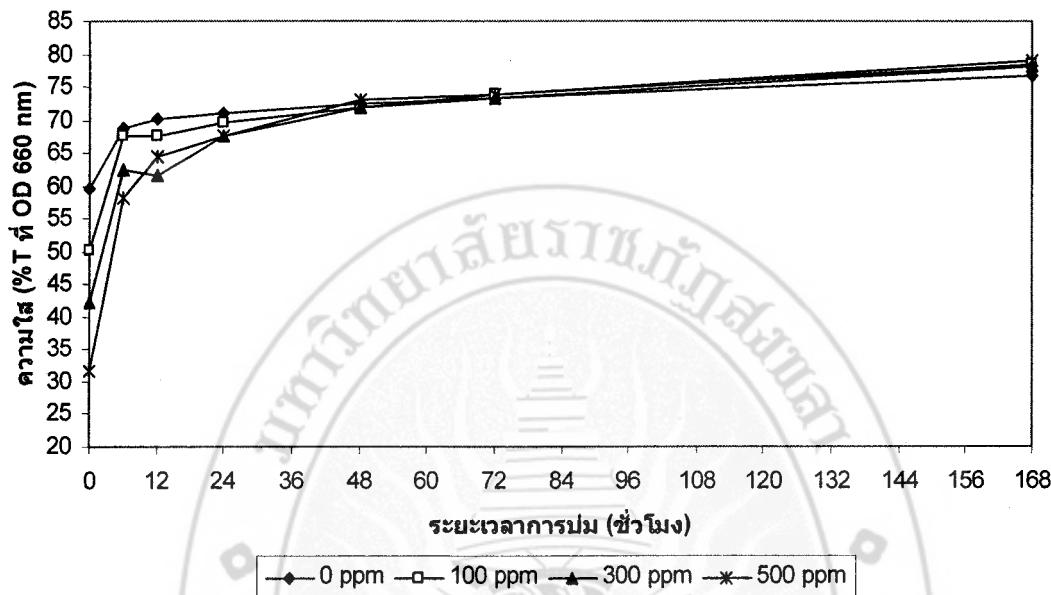


ภาพที่ 16 การเปลี่ยนแปลงค่าความใสในระหว่างการบ่มไวน์มะめ่าที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเจลلاتินที่ความเข้มข้นต่าง ๆ



ภาพที่ 17 ลักษณะความใสของไวน์มะめ่า (a : ก่อนการทำให้ใส , b : หลังการทำให้ใสด้วยเจลلاتินที่ความเข้มข้น 100 พีพีเอ็ม)

เบนโตไนท์เป็นสารที่มีคุณสมบัติในการตัดตะกอนโปรตีนได้ เมื่อเติมลงในไวน์จะเป็นสารที่ช่วยให้ไวน์มีความใสขึ้น ซึ่งเมื่อทำการศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงค่าความใสของไวน์จะมีผลโดยการเติมเบนโตไนท์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ได้ผลดังภาพที่ 18

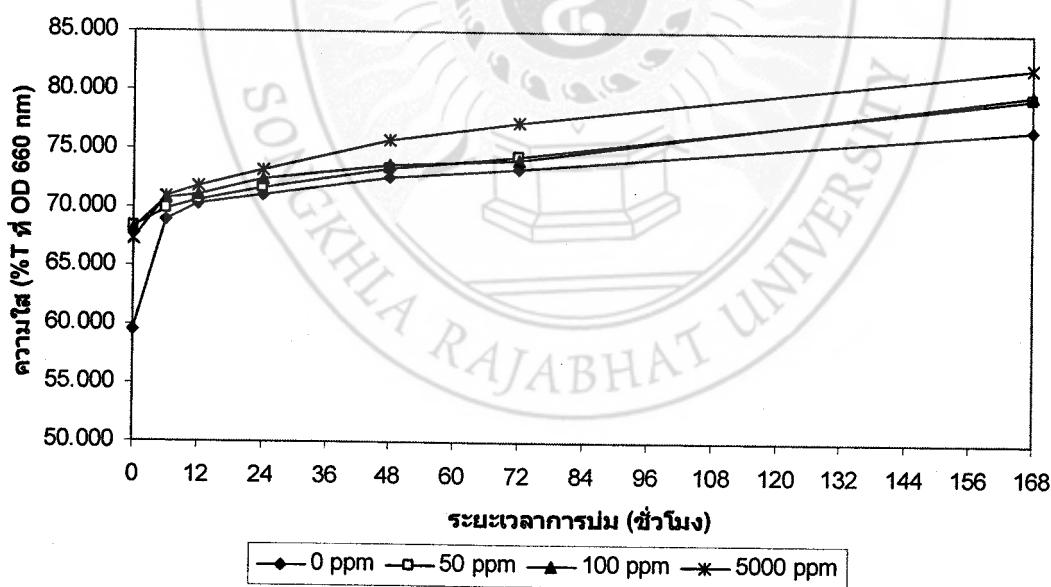


ภาพที่ 18 การเปลี่ยนแปลงค่าความใสในระหว่างการบ่มไวน์จะมีผลที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเบนโตไนท์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

จากภาพที่ 18 พบว่าในเวลาเริ่มต้นของการทดลองค่าความใสของไวน์ที่เติมสารเบนโตไนท์ที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นจะมีค่าความใสลดลงตามความเข้มข้นของเบนโตไนท์ที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากเบนโตไนท์เป็นสารที่มีอิเล็กตรอนติดลบอยู่แล้วจะมีความชุนสูงเนื่องจากความสามารถในการลดลายที่ต่ำ ไวน์ที่เติมเบนโตไนท์จะมีความชุนสูงกว่าไวน์ที่ไม่มีการเติมสารใด ๆ ลงไป แต่เมื่อการทดลองผ่านไป 6 ชั่วโมง พบว่า ความใสของไวน์ที่เติมเบนโตไนท์มีค่าเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามยังมีค่าน้อยกว่าไวน์ที่ไม่มีการเติมสารใด เมื่อการทดลองผ่านไป 48 ชั่วโมงพบว่าค่าความใสของไวน์ที่เติม และไม่เติมสารเบนโตไนท์มีค่าความใสใกล้เคียงกันมากคือมีค่าความใสอยู่ที่ประมาณ 72% แต่เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า ไวน์ที่เติมเบนโตไนท์มีค่าความใสสูงกว่าไวน์ที่ไม่มีการเติมสารช่วงทดลอง โดยไวน์จะมีค่าความใสเพิ่มขึ้น 500 พีพีเอ็ม มีค่าความใสสูงที่สุดคือ 79.2% รองลงมาคือ ไวน์จะมีค่าความใสเพิ่มขึ้น 100 พีพีเอ็ม มีค่าความใส 78.8% และไวน์ที่เติมเบนโตไนท์ที่ความเข้มข้น 100 พีพีเอ็ม มีค่าความใส 78.3% ซึ่งมีค่าสูงกว่าไวน์ที่ไม่เติมเบนโตไนท์ที่มีค่าความใสเป็น 77.4% อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ( $p>0.05$ ) เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าความใสของไวน์ในชุดต่าง ๆ ที่เวลาสิ้นสุดการทดลอง ซึ่งการทดลองนี้

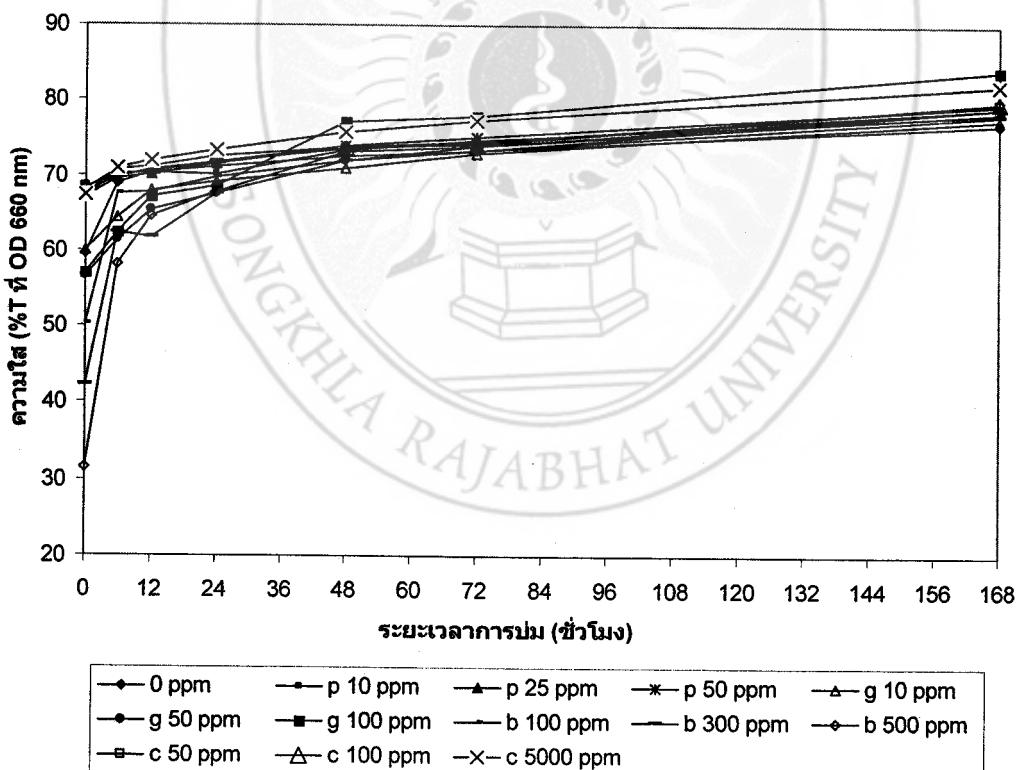
สอดคล้องกับรายงานของ Gökmen and Serpen (2002) และ Koyuncu และคณะ (2007) พบว่า ประสิทธิภาพในการดูดซับ dark-coloured compound ในน้ำแอปเปิลของเบนโตไนท์เพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของเบนโตไนท์ เนื่องจากพื้นผิวการดูดซับของเบนโตไนท์เพิ่มขึ้นนั่นเอง ดังนั้นน้ำแอปเปิลที่เติมเบนโตไนท์ที่ความเข้มข้นสูงจึงได้กว่าตัวอย่างน้ำแอปเปิลที่เติมเบนโตไนท์ที่ความเข้มข้นต่ำกว่า

ไวน์มะเม่วาที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเคลเซียมที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ได้ผลดังภาพที่ 19 พบว่าความใสของไวน์จะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการบ่มเพิ่มขึ้นซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p<0.05$ ) แต่เมื่อพิจารณาที่เวลาการบ่มเดียวกันพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) ของไวน์ในชุดการทดลองต่าง ๆ ถึงแม้ว่าไม่พบความแตกต่างทางสถิติแต่ พบว่า การเติมเคลเซียมลงไปในไวน์มะเม่วาสามารถทำให้ไวน์ใสขึ้นได้เร็วขึ้นกว่าไวน์ที่ไม่มีการเติมสารใดลงไป เมื่อทำการเปรียบเทียบความสามารถในการทำให้ไวน์ใสของเคลเซียมที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่เวลาสิ้นสุดการทดลอง พบว่า การใช้เคลเซียมที่ความเข้มข้น 5000 พีพีเอ็ม ทำให้ไวน์มีค่าความใสสูงที่สุด คือ 82.1% รองลงมาคือ ไวน์ที่เติมเคลเซียมที่ความเข้มข้น 50 และ 100 พีพีเอ็ม ซึ่งไวน์ที่เติมสารที่ความเข้มข้นทั้งสองความเข้มข้นมีค่าความใสเท่ากันคือ 79.8% ในขณะที่ไวน์ในชุดควบคุมมีค่าความใสอยู่ที่ 77.4% เท่านั้น



ภาพที่ 19 การเปลี่ยนแปลงค่าความใสในระหว่างการบ่มไวน์มะเม่วาที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเคลเซียมที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

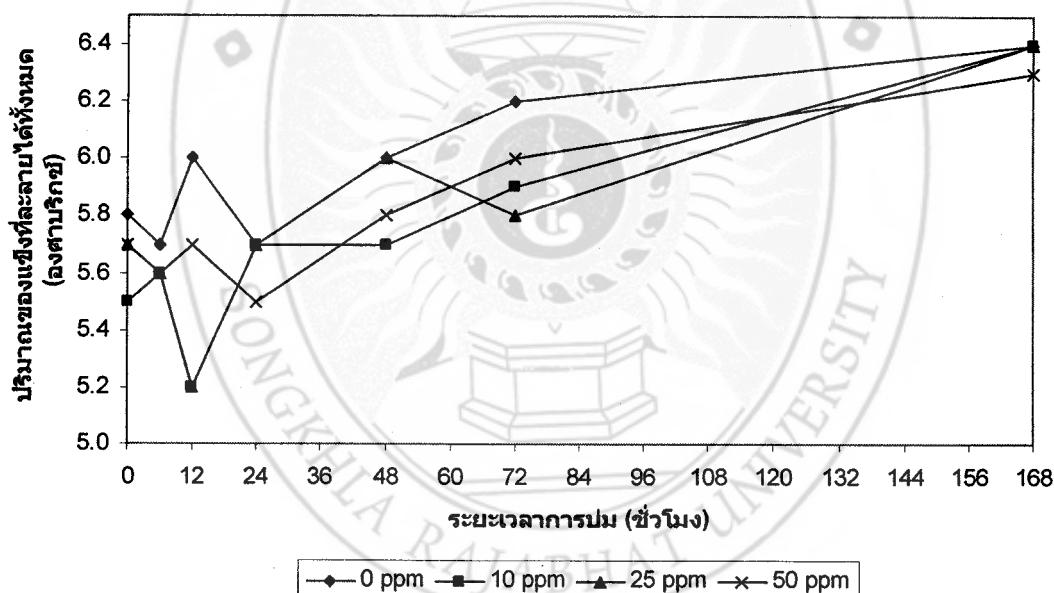
เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่าความใสในระหว่างการบ่มไวน์มะเม่วาที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเอนไซม์และสารช่วยในการตัดตะกอนที่ความเข้มข้นต่าง ๆ พบว่า การเติมเอนไซม์ และสารช่วยตัดตะกอนสามารถทำให้ไวน์มะเม่วาใสได้เร็วและมีความใสมากขึ้นกว่าการที่ไม่มีการเติมสารใดลงไปในระหว่างการบ่มในระยะเวลาท่ากัน จากราฟที่ 20 เห็นได้ว่าเมื่อระยะเวลาการบ่มเพิ่มขึ้น ไวน์มะเม่วาจะมีค่าความใสเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน โดยเมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ระยะเวลาการบ่ม 168 ชั่วโมงนั้น ไวน์ที่มีค่าความใสสูงที่สุดคือ ไวน์ที่เติมเจลลิตินที่ความเข้มข้น 100 พีพีเอ็ม รองลงมาคือ ไวน์ที่เติมเคลเซ็นที่ความเข้มข้น 5000 พีพีเอ็ม ซึ่งมีค่าความใส 84% และ 82.1% ตามลำดับ และไวน์ที่มีค่าความใสต่ำที่สุดในชุดการทดลองที่มีการเติมสารช่วยตัดตะกอนคือ ไวน์ที่เติมเจลลิตินที่ความเข้มข้น 10 พีพีเอ็ม ค่าความใส คือ 77.7% แต่ยังมีค่าความใสสูงกว่าไวน์ที่ไม่มีการเติมสารใด ๆ ที่มีค่าความใสที่ 77.4% และเมื่อพิจารณาค่าความใสของไวน์ที่ชั่วโมงต่าง ๆ พบว่า เมื่อระยะเวลาการบ่มเพิ่มขึ้นความใสของไวน์มีค่าเพิ่มขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p<0.05$ ) อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบค่าความใสของไวน์เมื่อระยะเวลาสิ้นสุดการทดลองลง พบร่วมกันว่า ไวน์ที่ใช้สารช่วยตัดตะกอนแต่ละชนิดที่ความเข้มข้นต่าง ๆ มีค่าความใสไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p>0.05$ )



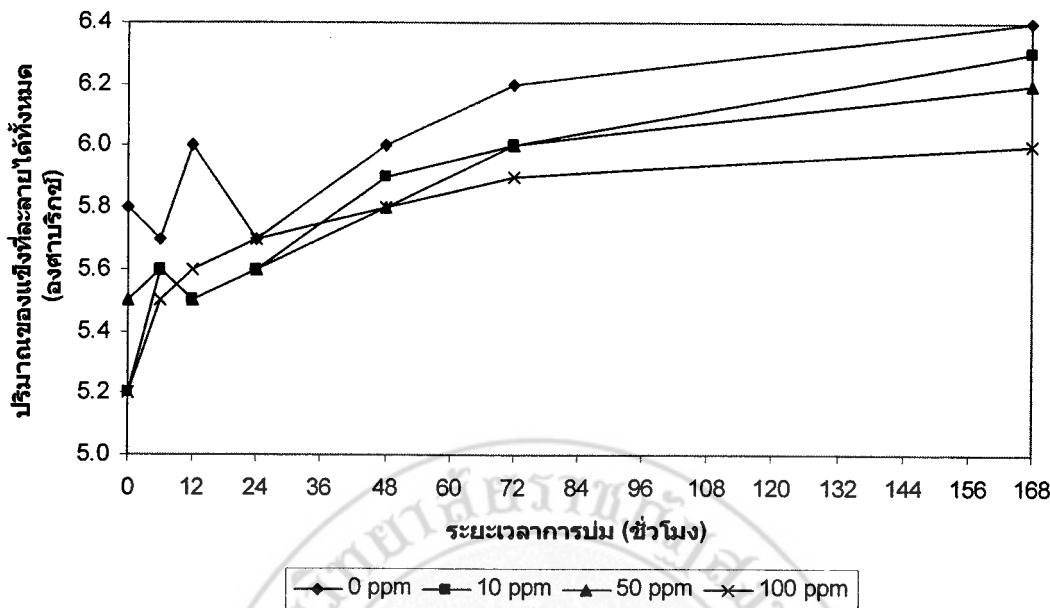
ภาพที่ 20 การเปลี่ยนแปลงค่าความใสในระหว่างการบ่มไวน์มะเม่วาที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเอนไซม์และสารช่วยในการตัดตะกอนที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ( $p$  : pectinase,  $g$  : gelatin,  $b$  : bentonite และ  $c$  : casein)

## การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในไวน์มะเมื่า

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในการบ่มไวน์มะเมื่าหลังจากการเติมเอนไซม์และสารช่วยตัดตะกอน พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีปริมาณเพิ่มขึ้นเดือนน้อยเมื่อระยะเวลาการบ่มเพิ่มขึ้น ทั้งในตัวอย่างไวน์มะเมื่าที่เติมและไม่เติมเอนไซม์เพคตินส (ภาพที่ 21) โดยที่เวลาสิ้นสุดการทดลองพบว่าในตัวอย่างไวน์ที่เติมเอนไซม์เพคตินสที่ความเข้มข้น 50 ppm มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดค่อนข้างมากกว่าในตัวอย่างอื่น เดือนน้อย ซึ่งผลการทดลองเป็นไปในทางเดียวกับชุดการทดลองที่ทำการเติมสารเจลلاتินที่ความเข้มข้นต่าง ๆ (ภาพที่ 22) ซึ่งพบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการบ่มเพิ่มขึ้นเช่นกัน แต่ตัวอย่างไวน์ที่ไม่มีการเติมเจลلاتินมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ มีค่าต่ำกว่าในชุดการทดลองที่ไม่มีการเติมเจลلاتินลงไป โดยที่เวลาสิ้นสุดการทดลองพบว่าเมื่อความเข้มข้นของเจลلاتินเพิ่มขึ้นปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดจะมีค่าลดลงเช่นกัน

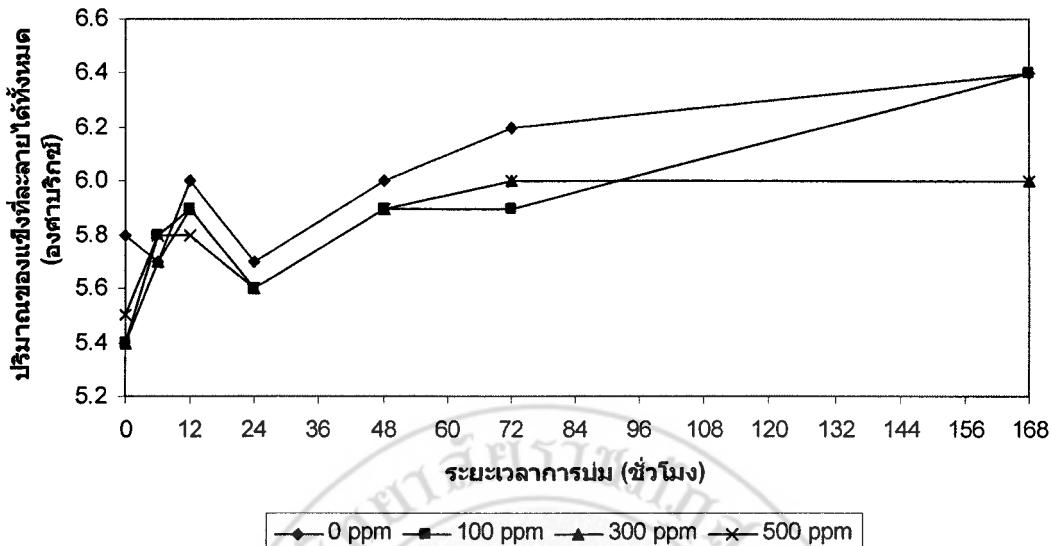


ภาพที่ 21 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในระหว่างการบ่มไวน์มะเมื่าที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเอนไซม์เพคตินสที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

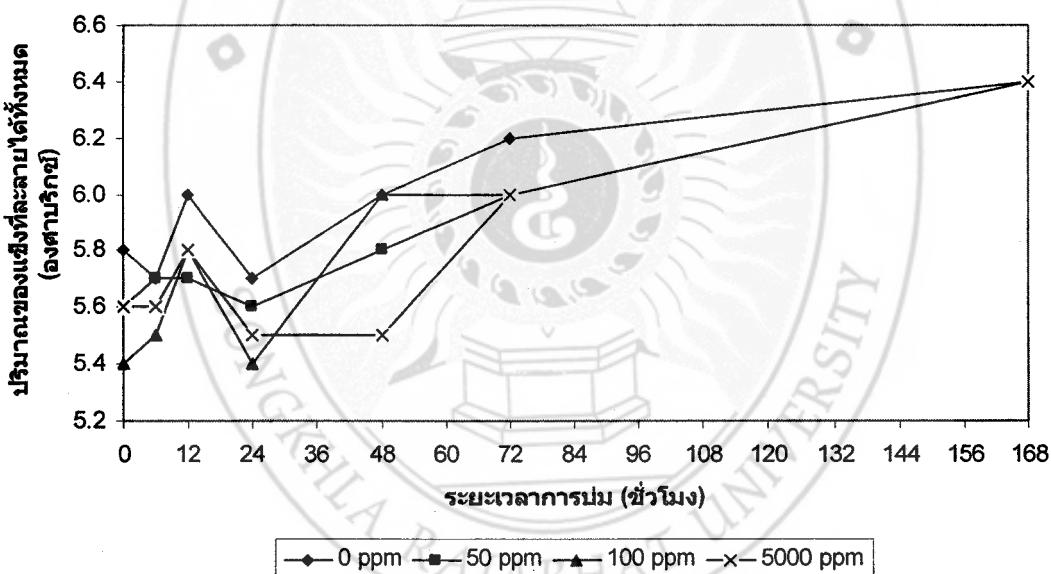


ภาพที่ 22 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของเหงื่อที่ละลายได้ทั้งหมดในระหว่างการบ่มไวน์มะเม่วาที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเจลต้านที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงปริมาณของเหงื่อที่ละลายได้ในไวน์มะเม่วาที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเบนโตไนท์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ หลังจากระยะเวลาการบ่มผ่านไป 168 ชั่วโมง พบร่วงปริมาณของเหงื่อที่ละลายได้ทั้งหมดมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการบ่มเพิ่มขึ้น ทั้งในตัวอย่างไวน์มะเม่วาที่เติมและไม่เติมเบนโตไนท์ โดยชุดการทดลองที่เติมเบนโตไนท์ที่ความเข้มข้น 300 และ 500 พีพีเอ็นมีค่าปริมาณของเหงื่อที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากัน ในขณะที่ตัวอย่างไวน์ที่ไม่เติมและเติมเบนโตไนท์ที่ความเข้มข้น 100 พีพีเอ็น มีปริมาณของเหงื่อที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากันและมีค่าสูงกว่าในสองตัวอย่างแรกข้างต้น (ภาพที่ 23) และเมื่อพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงปริมาณของเหงื่อที่ละลายได้ทั้งหมดในไวน์มะเม่วาที่ใช้เคลซินเป็นสารช่วยในการตัดตะกอน (ภาพที่ 24) พบร่วงปริมาณของเหงื่อที่ละลายทั้งหมดมีค่าสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาการบ่มเพิ่มขึ้น ซึ่งการทดลองให้ผลในแนวเดียวกับชุดการทดลองที่ทำการเติมสารชนิดอื่น ๆ แต่มีความแตกต่างกันที่เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าปริมาณของเหงื่อที่ละลายทั้งหมดในตัวอย่างไวน์ที่ไม่มีการเติมเคลซินและเติมเคลซินที่ความเข้มข้นต่าง ๆ มีค่าเท่ากัน



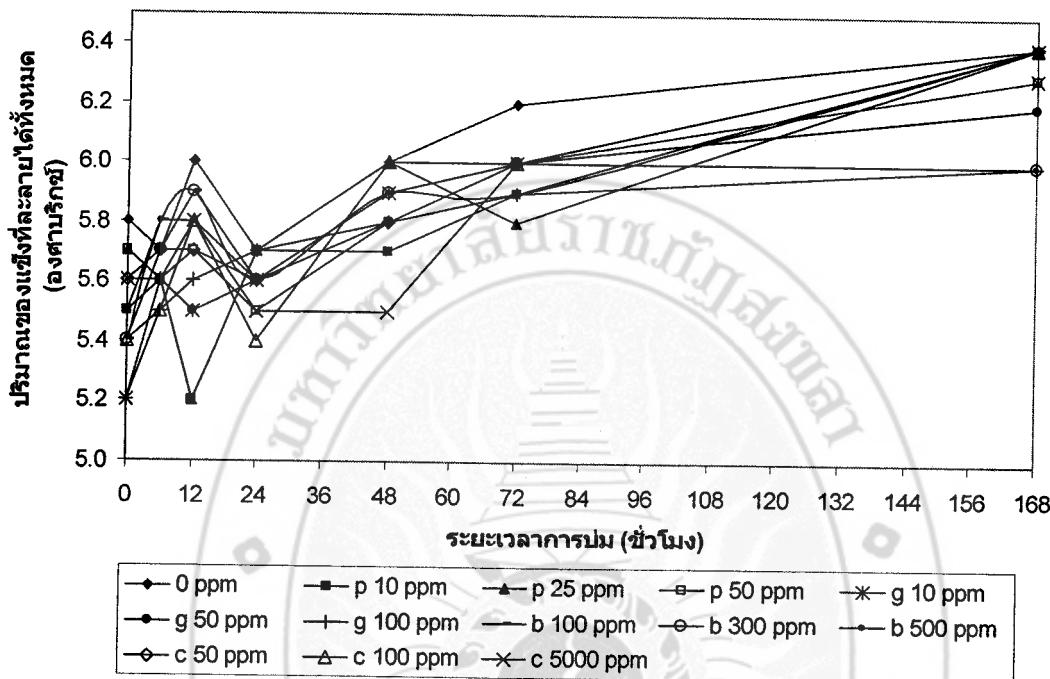
ภาพที่ 23 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของเหงงที่ละลายได้ทั้งหมดในระหว่างการบ่มไวน์มะม่วงที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเบนโต้ไวน์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ



ภาพที่ 24 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของเหงงที่ละลายได้ทั้งหมดในระหว่างการบ่มไวน์มะม่วงที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติม酇ีนที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงปริมาณของเหงงที่ละลายได้ในไวน์มะม่วงที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเอนไซม์เพคตินสและสารช่วยในการตกรตะกอนที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ดังแสดงในภาพที่ 25 พนว่า ปริมาณของเหงงที่ละลายได้ทั้งหมดมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการบ่มเพิ่มขึ้น ซึ่งผลการทดลองเป็นไปในแนวเดียวกันทั้งในตัวอย่างไวน์มะม่วงที่เติมและไม่เติมสารใดเลย จากผลการทดลองไม่มีตัวอย่างไวน์ใดที่มีค่าปริมาณของเหงงที่ละลายได้ทั้งหมดสูงกว่าตัวอย่างไวน์ในชุด

ควบคุมที่ไม่มีการเติมเอนไซม์หรือสารช่วยตัดตะกรอน โดยตัวอย่างไวน์ที่เติมเจลลาตินความเข้มข้น 100 พีพีเอ็น และเป็นโトイไนท์ที่ความเข้มข้น 300 และ 500 พีพีเอ็นมีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่ำที่สุดคือ 6.0 องศาบริกซ์ ในขณะที่ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในไวน์จะมีเพิ่มขึ้นตามที่เติมเอนไซม์เพคตินส์ เจลลาติน และเคซีนมีค่าไกส์เดียวกัน

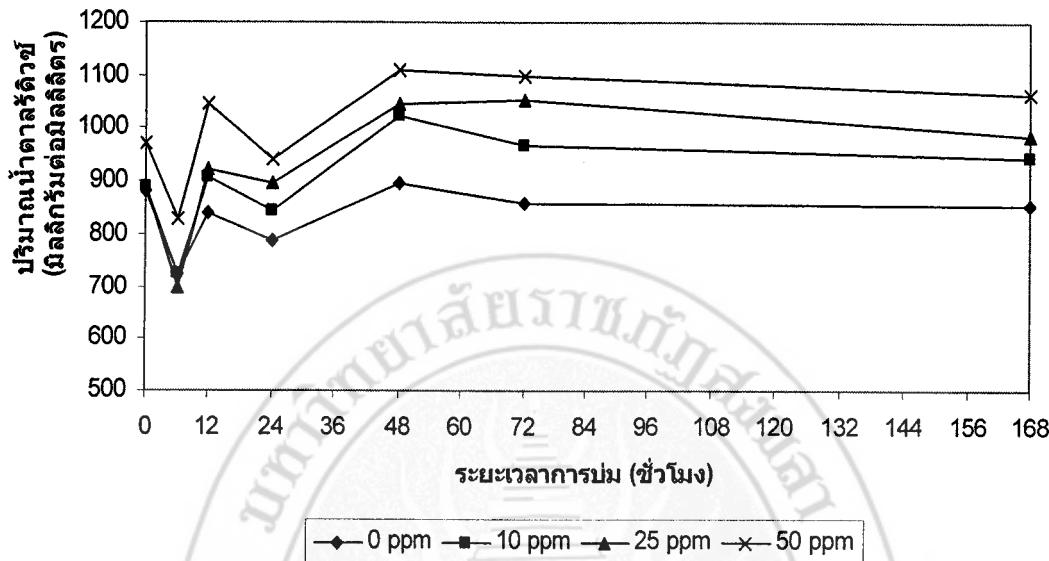


ภาพที่ 25 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในระหว่างการบ่มไวน์จะมีเพิ่มขึ้นต่างๆ  
การทำให้ไสโดยการเติมเอนไซม์และสารช่วยในการตัดตะกรอนที่ความเข้มข้นต่างๆ  
(p : pectinase, g : gelatin, b : bentonite และ c : casein)

### การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวช์

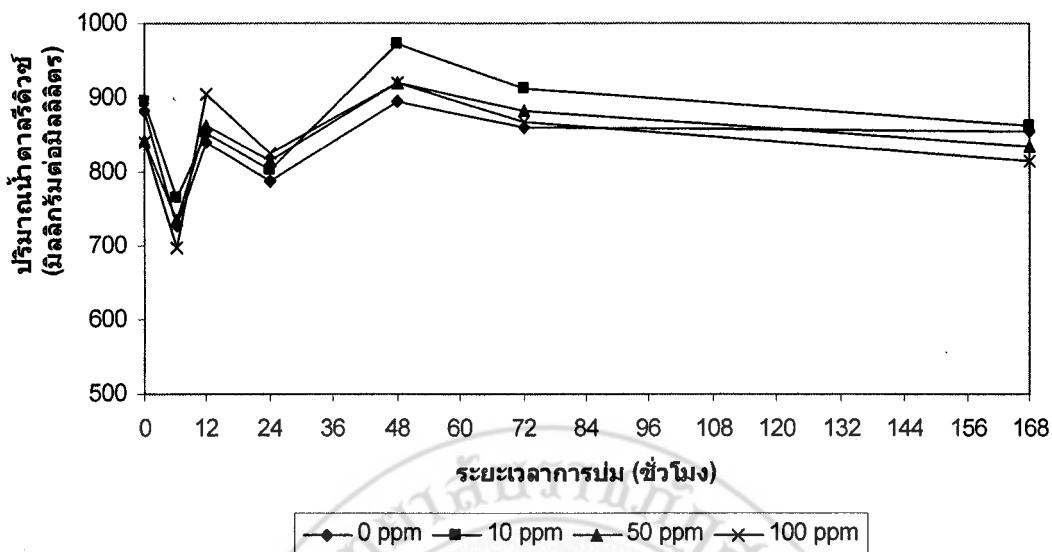
เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวช์ภายในไวน์จะมีผลลัพธ์จากการเติมเอนไซม์เพคตินส์ พบว่าเมื่อระยะเวลาการหมักผ่านไป 6 ชั่วโมงปริมาณน้ำตาลรีดิวช์ลดลงเล็กน้อย และจะเพิ่มขึ้นเมื่อการบ่มผ่านไป 12 ชั่วโมง จากนั้นเมื่อการบ่มผ่านไป 48 ชั่วโมง ปริมาณน้ำตาลรีดิวช์จะค่อนข้างคงที่ จากระยะเวลาการบ่มทั้งหมด 168 ชั่วโมง พบว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวช์มีการเปลี่ยนแปลงโดยเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากเมื่อเริ่มการทดลอง ซึ่งในตัวอย่างไวน์ที่เติมเอนไซม์เพคตินส์ ความเข้มข้น 50 พีพีเอ็น มีค่าน้ำตาลรีดิวช์สูงสุด รองลงมาคือตัวอย่างไวน์ที่เติมเอนไซม์เพคตินส์ ความเข้มข้น 25 พีพีเอ็น 10 พีพีเอ็น และตัวอย่างไวน์ที่ไม่เติมเอนไซม์เพคตินส์ ตามลำดับ (ภาพที่ 26) เมื่อยังคงความเข้มข้นของเอนไซม์เพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวช์สูงขึ้นด้วยเช่นกัน ทั้งนี้มีรายงานว่าการใช้เอนไซม์เพคตินส์เติมลงในน้ำผลไม้สามารถทำให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวช์ในน้ำผลไม้

น้ำเพิ่มขึ้นได้ เนื่องจากเอนไซม์เพคตินสที่เติมลงไปจะไปย่อยแป้งที่มีในน้ำผลไม้ทำให้ได้น้ำตาล รีดิวซ์เพิ่มขึ้นเล็กน้อย (Sreekantiah *et al.*, 1971)



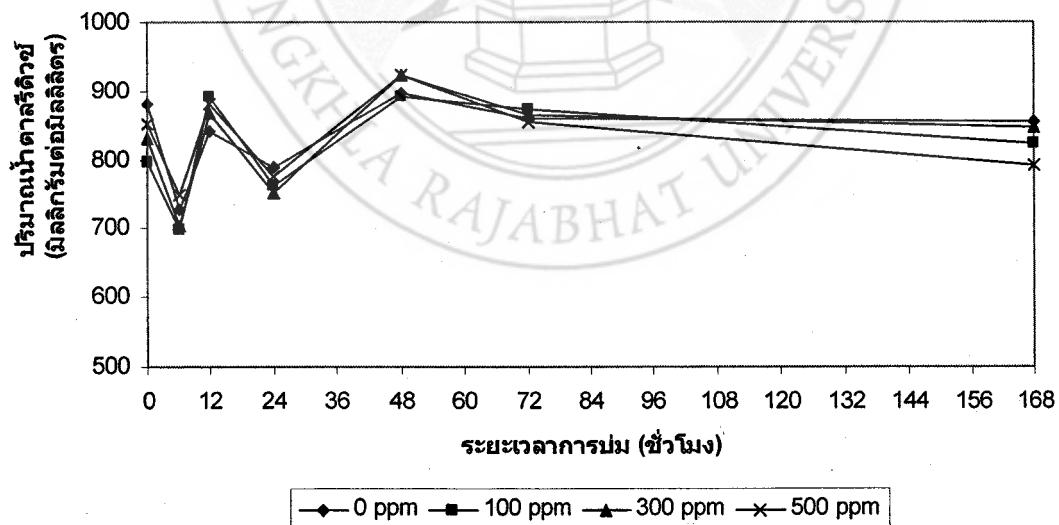
ภาพที่ 26 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในระหว่างการบ่มไวน์มะม่วงที่ผ่านการทำให้ใสโดย การเติมเอนไซม์เพคตินสที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของไวน์มะม่วงที่ผ่านการทำให้ใสโดย การเติมเจลตานิที่ความเข้มข้นต่าง ๆ (ภาพที่ 27) พบว่า ในช่วงแรกปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มีการ เปลี่ยนแปลงขึ้นลงเล็กน้อย แต่เมื่อระยะเวลาการบ่มผ่านไปพบว่าค่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เริ่มมีความ คงที่ นอกจากนี้ยังพบว่าที่ความเข้มข้นของเจลตานิต่างกันแต่การเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำตาล รีดิวซ์มีแนวโน้มเดียวกันและมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย และพบว่าไวน์ที่เติมเจลตานิที่ความ เข้มข้นของคำที่สุดคือ 10 พิพิเอ็ม มีค่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงที่สุด และจะลดลงเมื่อความเข้มข้น ของเจลตานิเพิ่มขึ้น

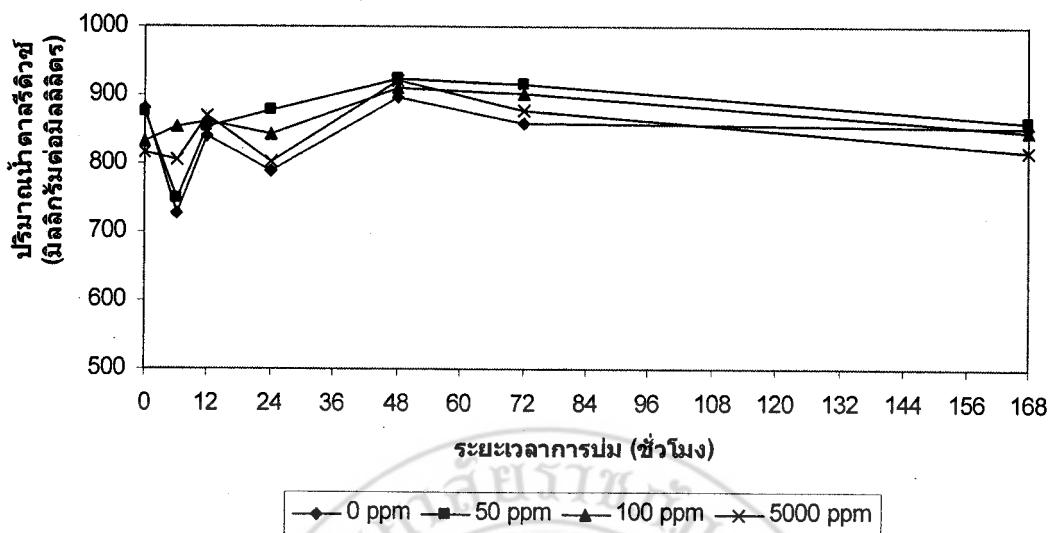


ภาพที่ 27 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวช์ในระหว่างการบ่มไวน์มะเม่าที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเจลตานิที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวช์ภายในตัวอย่างไวน์มะเม่าที่เติมสารเติมตนโトイโนท (ภาพที่ 28) และเคชีน (ภาพที่ 29) พบว่า ค่าของปริมาณน้ำตาลรีดิวช์มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากและมีแนวโน้มเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ ที่ระยะเวลาการบ่ม 6 ชั่วโมง ปริมาณน้ำตาลรีดิวช์มีการลดลงเล็กน้อยและปรับขึ้นเมื่อเวลาการบ่มเพิ่มขึ้นเป็น 12 ชั่วโมง จากนั้นมีการลดลงอีกเล็กน้อย และเริ่มมีค่าคงที่เมื่อระยะเวลาการบ่มผ่านไป 48 ชั่วโมง

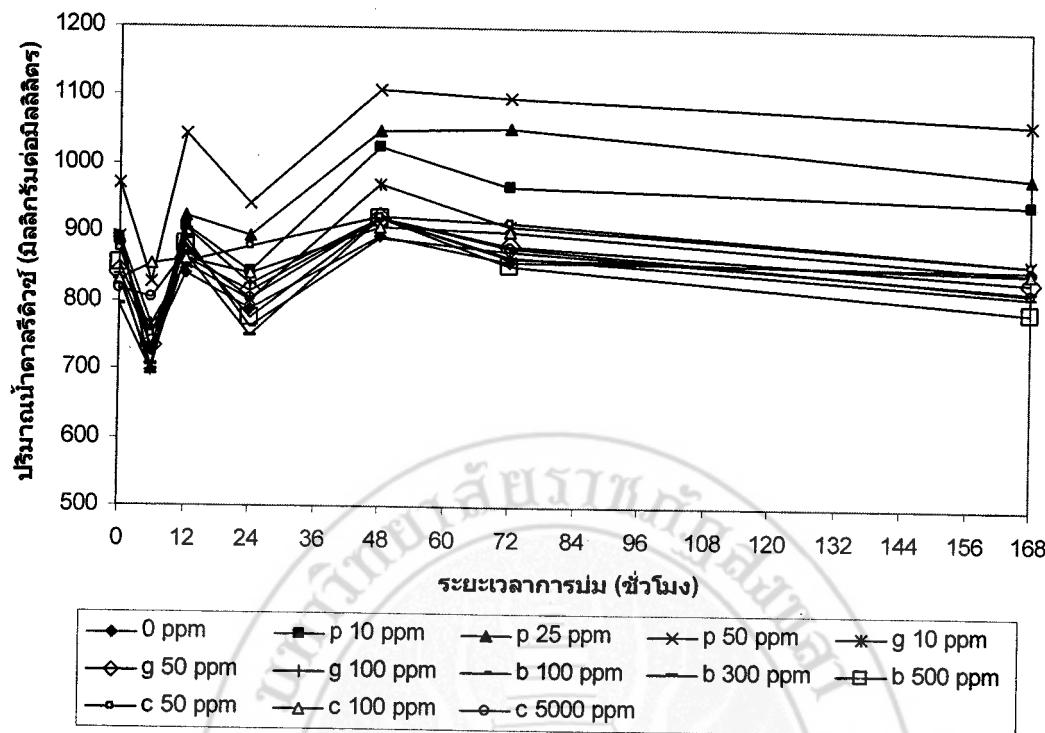


ภาพที่ 28 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวช์ในระหว่างการบ่มไวน์มะเม่าที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมตนโトイโนทที่ความเข้มข้นต่าง ๆ



ภาพที่ 29 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวช์ในระหว่างการบ่มไวน์มะเม่วาที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติม酇ซีนที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

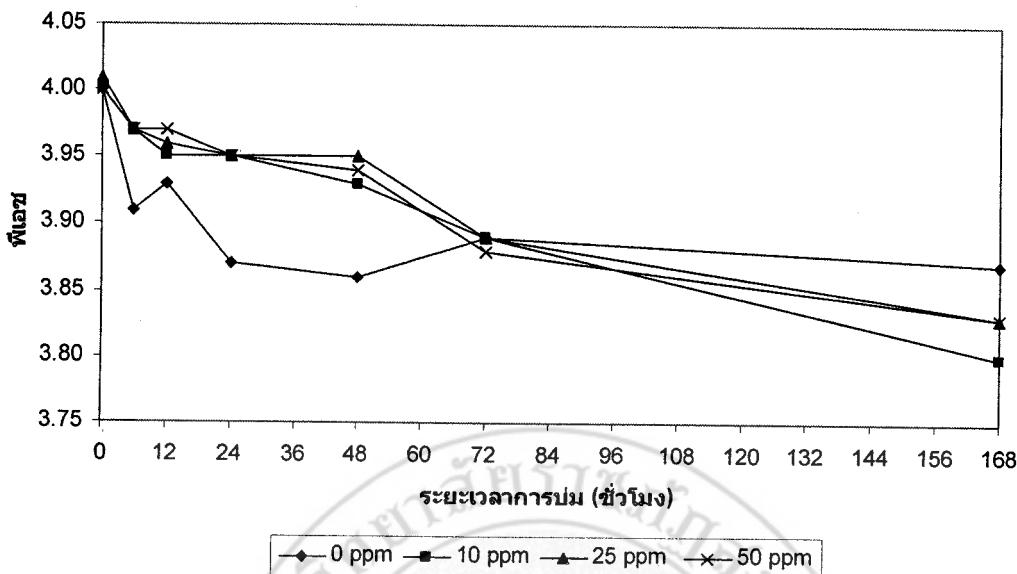
เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำตาลรีดิวช์ภายในไวน์มะเม่วาที่เติมเอนไซม์เพคตินase และสารช่วยในการตกตะกอนที่ความเข้มข้นต่าง ๆ พบร้า ทุกชุดการทำทดลองปริมาณน้ำตาลรีดิวช์มีการเปลี่ยนแปลงเป็นไปในแนวทางเดียวกันคือ มีการเพิ่มขึ้นและปรับลดลงในช่วง 0-48 ชั่วโมงของการบ่ม หลังจากนั้นปริมาณน้ำตาลรีดิวช์จะเริ่มนิ่ำค้างที่ไปจนถึงสุดการทำทดลอง และพบร้าตั้งแต่เริ่มจนถึงสุดการทำทดลองในตัวอย่างไวน์ที่เติมเอนไซม์เพคตินase มีปริมาณน้ำตาลรีดิวช์สูงที่สุด โดยไวน์ที่เติมเอนไซม์เพคตินase ที่ความเข้มข้น 50 พีพีเอ็ม มีปริมาณน้ำตาลรีดิวช์สูงที่สุด รองลงมาคือ ไวน์ที่เติมเอนไซม์เพคตินase ที่ความเข้มข้น 25 พีพีเอ็ม และ 10 พีพีเอ็ม โดยมีค่าปริมาณน้ำตาลรีดิวช์เป็น 1064.52, 985.48 และ 947.31 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ (ภาพที่ 30)



ภาพที่ 30 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดตាឈาร์ซในระหว่างการบ่มไวน์มะม่วงที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเอนไซม์เพคตินase และสารช่วยในการตกรตะกอนที่ความเข้มข้นต่าง ๆ  
(p : pectinase, g : gelatin, b : bentonite และ c : casein)

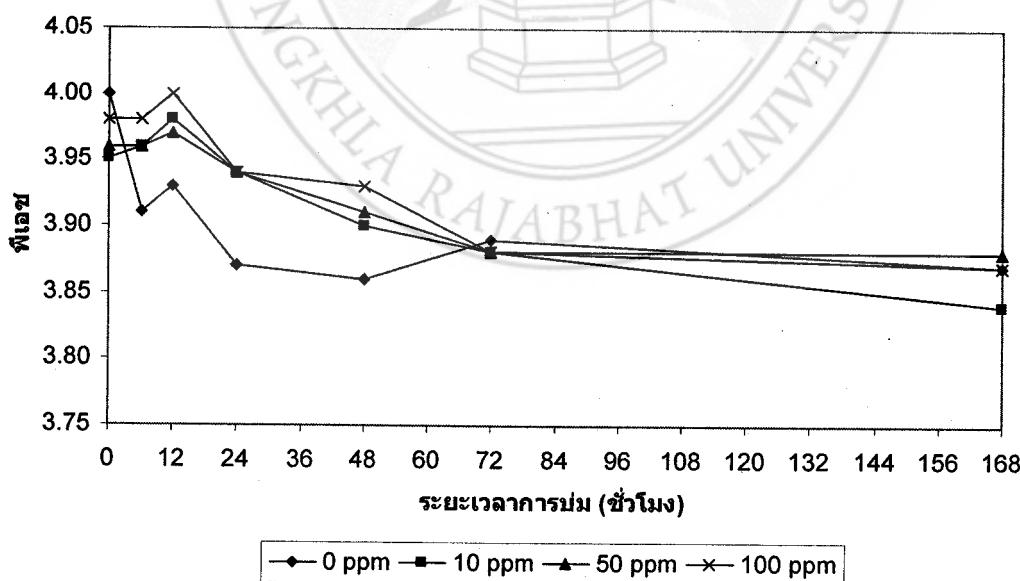
### การเปลี่ยนแปลงค่าพีอีช

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงค่าพีอีชของไวน์มะม่วงที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเอนไซม์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ แสดงดังภาพที่ 31 พบว่า ค่าพีอีชของไวน์มีค่าลดลงเล็กน้อยเมื่อระยะเวลาการบ่มเพิ่มขึ้น ทั้งในตัวอย่างไวน์มะม่วงที่เติมและไม่เติมเอนไซม์เพคตินase หลังจากระยะเวลาการบ่มผ่านไป 168 ชั่วโมง พบว่าตัวอย่างไวน์ที่เติมเอนไซม์เพคตินase มีค่าพีอีชต่ำกว่าตัวอย่างไวน์ที่ไม่มีการเติมเอนไซม์ จากภาพจะเห็นได้ว่าในตัวอย่างไวน์ที่เติมเพคตินase ความเข้มข้น 10 พีพีเอ็ม มีค่าพีอีชต่ำที่สุดคือมีค่าพีอีชเท่ากับ 3.80 ในขณะที่ไวน์ที่เติมเพคตินase ความเข้มข้น 25 และ 50 พีพีเอ็ม มีค่าพีอีชสูงขึ้นเล็กน้อย คือมีค่าเป็น 3.83 เท่ากัน การทดลองนี้สอดคล้องกับรายงานของศศิมา เอี่ยมแสงธรรม (2547) ที่ศึกษาผลของการบ่มไวน์สับปะรดพันธุ์ญี่ปุ่นเกิดที่ใส่เอนไซม์เพคตินase ความเข้มข้น 0, 0.0125, 0.05% (w/v) และชุดควบคุม ซึ่งบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่า พีอีชของไวน์มีการลดลงเล็กน้อยเมื่อบ่มไวน์ไว้เป็นระยะเวลา 3 เดือน



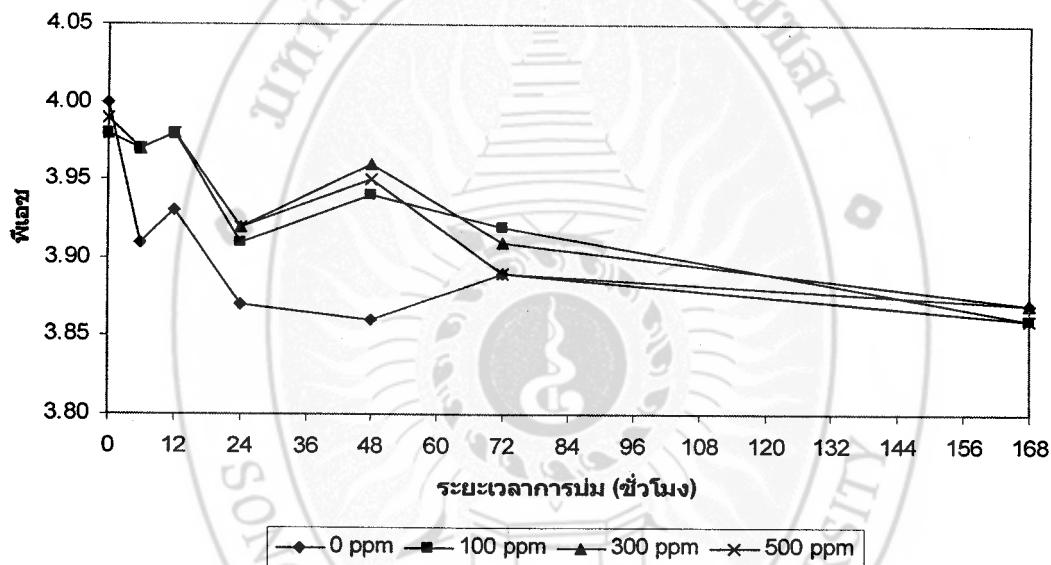
ภาพที่ 31 การเปลี่ยนแปลงค่าพีอีอชในระหว่างการบ่มไวน์มะเม่วาที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเอนไซม์เพคตินaseที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

ค่าพีอีอชในระหว่างการบ่มไวน์มะเม่วาไม่ที่เติมและเติมเจลคลาตินที่ความเข้มข้นต่าง ๆ มีค่าลดลงเล็กน้อยเมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลาการบ่มผ่านไป 168 ชั่วโมงตัวอย่างไวน์ที่เติมเจลคลาตินที่ความเข้มข้น 10 พีพีเอ็มมีค่าพีอีอชที่ต่ำสุด และตัวอย่างไวน์ที่เติมเจลคลาตินที่ความเข้มข้น 50 พีพีเอ็ม มีค่าพีอีอชที่สูงสุด ในขณะที่ตัวอย่างไวน์ที่เติมเจลคลาตินที่ความเข้มข้น 100 พีพีเอ็ม มีค่าพีอีอชเท่ากับตัวอย่างไวน์ชุดควบคุม (ภาพที่ 32)

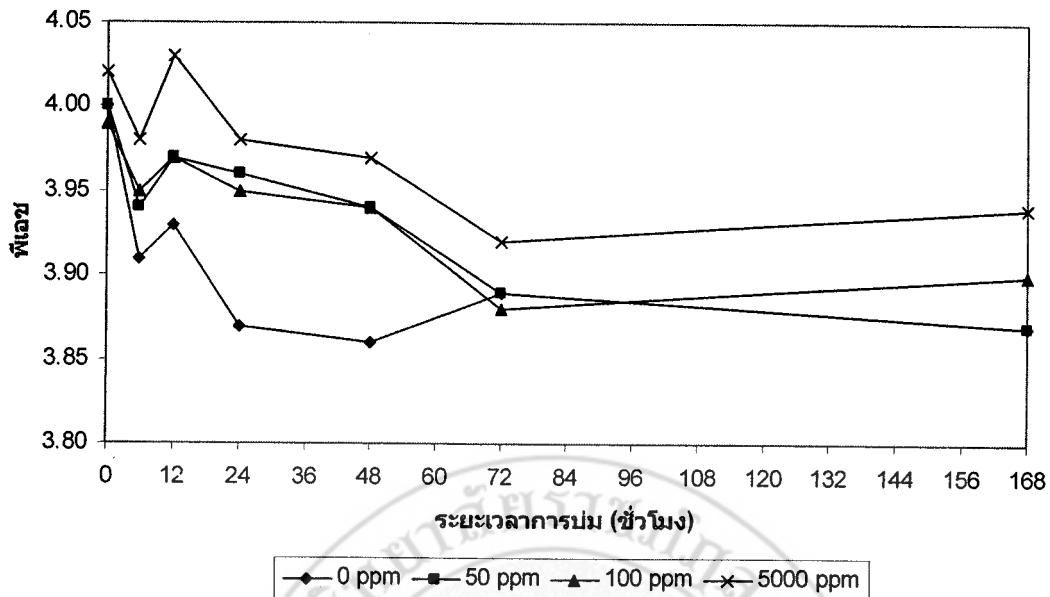


ภาพที่ 32 การเปลี่ยนแปลงค่าพีอีอชในระหว่างการบ่มไวน์มะเม่วาที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเจลคลาตินที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงค่าพีอีของไวน์มะเม่าที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเบนโตไนท์ (ภาพที่ 33) และเคซีนที่ความเข้มข้นต่าง ๆ (ภาพที่ 34) พบว่า การเปลี่ยนแปลงค่าพีอีของไวน์เป็นไปในลักษณะเดียวกับไวน์ที่เติมเอนไซม์เพกตินสแตดเจลคลาติน นั่นคือค่าพีอีของไวน์ลดลงเล็กน้อยเมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้น สำหรับตัวอย่างไวน์ที่ทำการเติมเบนโตไนท์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ มีค่าพีอีที่ช้าลงสุดท้ายของการทดลองมีค่าใกล้เคียงกับไวน์ชุดควบคุมในขณะที่ไวน์ที่ได้รับการเติมเคซีนที่ความเข้มข้นต่าง ๆ นั้น พบว่า พีอีของไวน์มีค่าสูงกว่าไวน์ในชุดควบคุมโดย ตัวอย่างไวน์ที่เติมเคซีนความเข้มข้น 500 ppm ที่สุด รองลงมาคือ ตัวอย่างไวน์ที่เติมเคซีนความเข้มข้น 100 ppm และไวน์ที่เติมเคซีนความเข้มข้น 300 ppm ที่มีค่าต่ำสุดและมีพีอีเท่ากับไวน์ในชุดควบคุม ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.94, 3.90 และ 3.87 ตามลำดับ



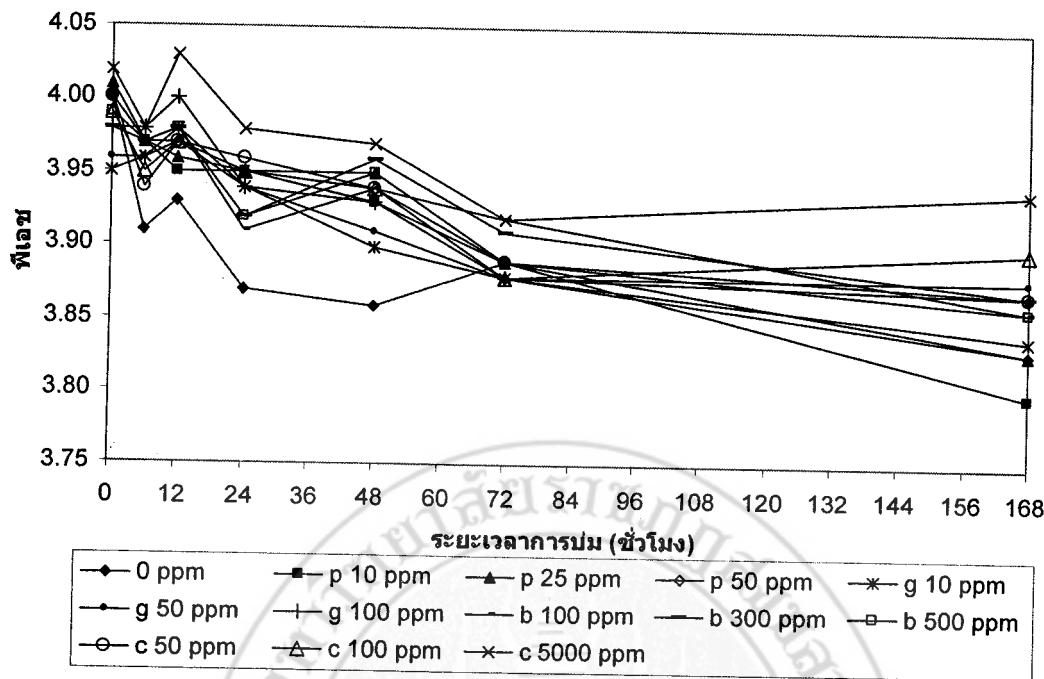
ภาพที่ 33 การเปลี่ยนแปลงค่าพีอีในระหว่างการบ่มไวน์มะเม่าที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเบนโตไนท์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ



ภาพที่ 34 การเปลี่ยนแปลงค่าพีอีชในระหว่างการบ่มไวน์มะเมื่าที่ผ่านการทำให้ໄสโดยการเติมเเก๊ซีนที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

Xifang และคณะ (2007) ศึกษาการคุณซับโปรดตินในไวน์โดยการใช้สารเบนโตไนท์ความเข้มข้น 25 กรัมต่อลิตร พบว่า เป็นトイไนท์ที่ใช้มีประสิทธิภาพในการคุณซับโปรดตินได้สูงที่พีอีชในช่วง 2.69–4.20 และเมื่อค่าพีอีชเพิ่มขึ้นพบว่าสามารถคุณซับโปรดตินได้น้อยลง ซึ่งเป็นトイไนท์ที่มีประสิทธิภาพสูงในการคุณซับโปรดตินเมื่อยู่ในสภาพพื้นที่ด้วยมีค่า  $pI = 4.6$  เป็นที่น่าสังเกตว่า ค่าพีอีชของไวน์เป็นปัจจัยสำคัญต่อกระบวนการคุณซับโปรดตินของเบนโตไนท์ ซึ่งค่าพีอีชจะมีผลกับประจุบนพื้นผิวของเบนโตไนท์และระดับของ ionization และความจำเพาะของโปรดติน และจาก การศึกษาในครั้งนี้พบว่าไวน์มะเมื่าที่ใช้ในการทดลองมีค่าพีอีชอยู่ในช่วง 3.86–4.02 ซึ่งเป็นช่วงพีอีชที่เบนโตไนท์มีประสิทธิภาพในการคุณซับได้สูง

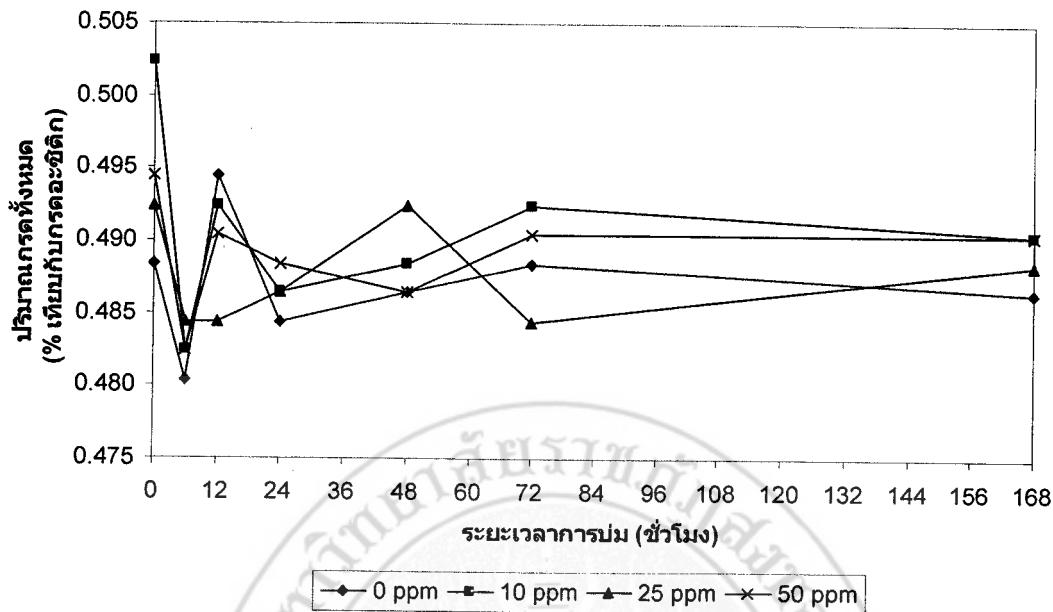
เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่าพีอีชในไวน์ที่ทำการเติมเอนไซม์และสารช่วยในการตกตะกอนต่าง ๆ ดังแสดงในภาพที่ 35 พบว่า เมื่อระยะเวลาการบ่มผ่านไปค่าพีอีชของไวน์จะลดลงเล็กน้อย แต่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนักเมื่อเทียบกับค่าที่เวลาเริ่มต้นของการทดลอง โดยตัวอย่างไวน์ที่ในชุดที่เติมเเก๊ซีนความเข้มข้น 5000 พีพีเอ็ม มีค่าพีอีชสูงที่สุด รองลงมาคือตัวอย่างไวน์ที่เติมเเก๊ซีนความเข้มข้น 100 พีพีเอ็ม ซึ่งมีค่าสูงกว่าชุดควบคุม ในขณะที่ ตัวอย่างไวน์ที่เติมเอนไซม์ เพคตินส์ที่ความเข้มข้น 10 พีพีเอ็ม มีค่าพีอีชต่ำที่สุด ซึ่งมีค่าต่ำกว่าชุดควบคุมที่ไม่เติมสารใด ๆ เลย แต่ต้องย้ำไว้ตามเมื่อพิจารณาแล้วพบว่าการเปลี่ยนแปลงค่าพีอีชของไวน์ในแต่ละชุดการทดลองมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ทั้งนี้เนื่องจากในขั้นตอนการบ่มมีกระบวนการหมักของยีสต์ได้เสร็จสิ้น ไปแล้ว การเปลี่ยนแปลงค่าพีอีชจึงเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยเมื่อมีการเติมสารต่าง ๆ ลงไป



ภาพที่ 35 การเปลี่ยนแปลงค่าพื้นที่ในระหว่างการบ่มไวน์มะม่วงที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเอนไซม์และสารช่วยในการตัดตะกอนที่ความเข้มข้นต่าง ๆ (p : pectinase, g : gelatin, b : bentonite และ c : casein)

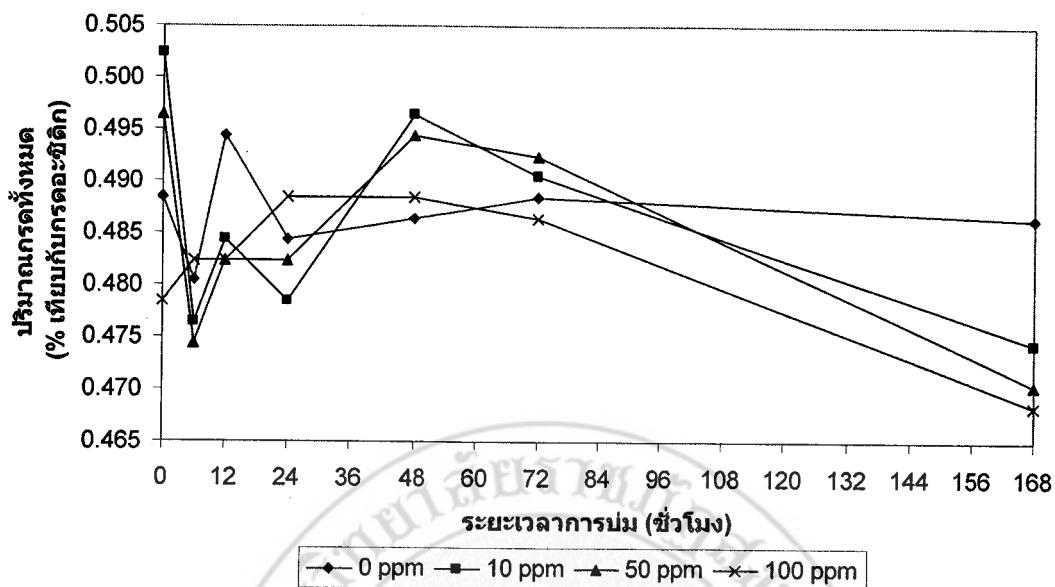
### การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทึ้งหมุด

เมื่อพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทึ้งหมุดภายในไวน์มะม่วงหลังจากการเติมเอนไซม์เพคตินase พบร่วมกับเวลาเริ่มการทดลองตัวอย่างไวน์ที่เติมเอนไซม์มีปริมาณกรดทึ้งหมุดสูงกว่าตัวอย่างไวน์ที่ไม่มีการเติมเอนไซม์ เมื่อเวลาการบ่มผ่านไป 6 ชั่วโมง ปริมาณกรดทึ้งหมุดมีค่าลดลงต่ำกว่าที่เวลาเริ่มต้นการทดลองและปริมาณกรดทึ้งหมุดมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อระยะเวลาการบ่มเพิ่มขึ้น จากการทดลองพบว่าเมื่อเปรียบเทียบปริมาณกรดทึ้งหมุดที่เวลาเริ่มต้นและสิ้นสุดการทดลอง ในไวน์ที่เติมเอนไซม์เพคตินase ความเข้มข้น 10 พีพีเอ็ม เวลาเริ่มต้นการทดลองมีปริมาณกรดทึ้งหมุดสูงกว่าที่เวลาสิ้นสุดการทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p<0.05$ ) ในขณะที่ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ ( $p>0.05$ ) ในตัวอย่างอื่นทั้งที่เติมและไม่เติมเอนไซม์เพคตินase และยังพบว่าแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทึ้งหมุดในไวน์ที่เติมและไม่เติมเอนไซม์มีแนวโน้มเป็นไปในทางเดียวกันดังแสดงในภาพที่ 36



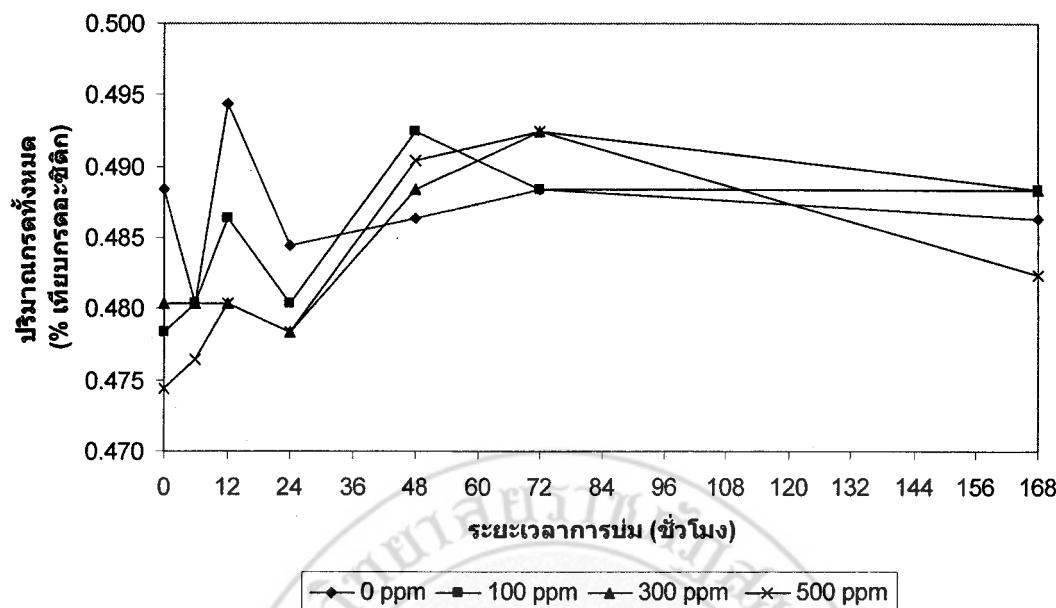
ภาพที่ 36 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดในระหว่างการบ่มไวน์มะเมื่อที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเอนไซม์เพคตินaseที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดในระหว่างการบ่มไวน์มะเมื่อที่เติมเจลลารินเป็นสารช่วยในการตัดตะกอน แสดงดังภาพที่ 37 พ布ว่าปริมาณกรดทั้งหมดในไวน์เติมเจลลารินที่ความเข้มข้นต่าง ๆ มีค่าลดลงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p<0.05$ ) จากที่เวลาเริ่มการทดลองในขณะไม่พบรความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) ในตัวอย่างไวน์ที่ไม่มีการเติมเจลลาริน โดยตัวอย่างไวน์ที่เติมเจลลารินความเข้มข้น 100 พีพีเอ็ม มีปริมาณกรดทั้งหมดต่ำที่สุด แต่ทั้งนี้อาจเกิดจากการที่ในตัวอย่างไวน์เริ่มต้นมีปริมาณกรดทั้งหมดในปริมาณต่ำอยู่แล้วนั่นเอง ในขณะที่ในตัวอย่างอื่นที่เติมเจลลารินมีปริมาณกรดทั้งหมดสูงกว่าในชุดควบคุมแต่เมื่อสิ้นสุดการทดลองกลับพบว่ามีปริมาณกรดทั้งหมดต่ำกว่าในชุดควบคุม ดังนั้นการเติมเจลลารินที่ความเข้มข้นต่าง ๆ จึงทำให้ปริมาณกรดทั้งหมดในไวน์ลดลงได้และการลดลงของปริมาณกรดทั้งหมดนี้อาจส่งผลไปถึงกลิ่นและรสชาติของไวน์ได้



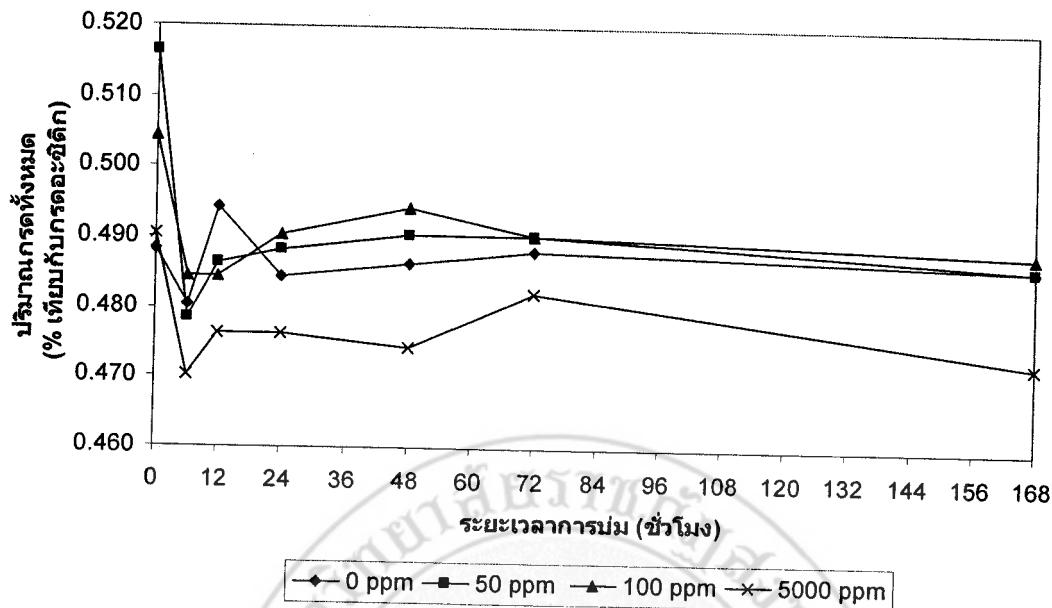
ภาพที่ 37 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดในระหว่างการบ่มไวน์มะม่วงที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเจลคลาดินที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดในไวน์มะม่วงที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเจลคลาดินที่ความเข้มข้นต่าง ๆ แสดงในภาพที่ 38 พบว่าการทำให้ใสโดยการเติมเจลคลาดินที่ความเข้มข้น 100, 300 และ 500 พีพีเย็นเพิ่มขึ้นได้ โดยปริมาณกรดทั้งหมดในไวน์ที่เติมเจลคลาดินที่ความเข้มข้น 100, 300 และ 500 พีพีเย็นเพิ่มขึ้นจาก 0.478, 0.480 และ 0.474 % เป็น 0.488, 0.488 และ 0.482 % ตามลำดับจากเวลาเริ่มต้นจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง อย่างไรก็ตาม ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ( $p>0.05$ ) ของปริมาณกรดทั้งหมดที่เพิ่มขึ้น และไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ( $p>0.05$ ) ของปริมาณกรดทั้งหมดในตัวอย่างไวน์ที่เติมและไม่เติมเจลคลาดินที่เมื่อระยะเวลาการบ่มผ่านไป 168 ชั่วโมง



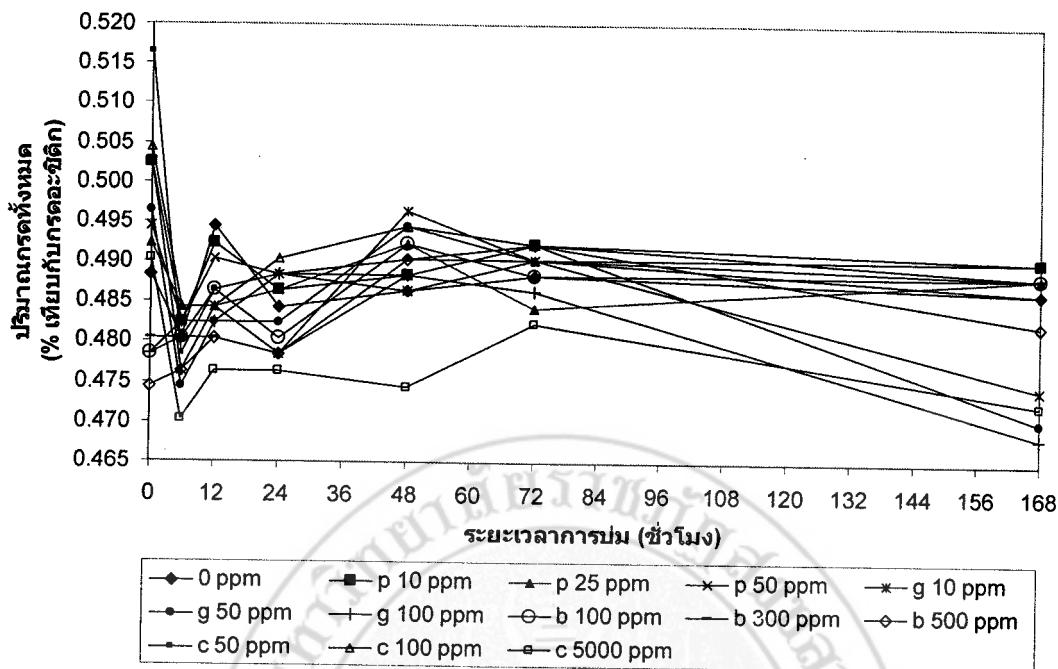
ภาพที่ 38 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดในระหว่างการบ่มไวน์มะม่วงที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเบนโตอินที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดในระหว่างการบ่มไวน์มะม่วงที่เติมเคซีนเป็นสารช่วยในการตกตะกอน (ภาพที่ 39) พบว่าที่เวลาสิ้นสุดการทดลองปริมาณกรดทั้งหมดในไวน์เติมเคซีนที่ความเข้มข้นต่าง ๆ มีค่าลดลงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p<0.05$ ) เมื่อเปรียบเทียบกับที่เวลาเริ่มการทดลอง ในขณะไม่พบร่วมกันของความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) ในตัวอย่างไวน์ที่ไม่มีการเติมเคซีน และมีแนวโน้มว่าการเติมเคซีนทำให้กรดทั้งหมดในไวน์มีปริมาณที่ต่ำกว่าในไวน์ที่ไม่มีการเติมเคซีนลงไป ซึ่งจากการพังเกตได้ว่าที่เวลาเริ่มต้นการทดลองปริมาณกรดทั้งหมดในไวน์ที่เติมเคซีนความเข้มข้น 5000 พีพีเอ็มมีค่าใกล้เคียงกับไวน์ที่ไม่มีการเติมสารใด แต่เมื่อสิ้นสุดการทดลองกลับพบว่าปริมาณกรดทั้งหมดในไวน์ที่เติมเคซีนความเข้มข้น 5000 พีพีเอ็มลดลงต่ำกว่าในตัวอย่างที่ไม่มีการเติมสารใด ในขณะที่ความเข้มข้นอื่นของเคซีนที่เวลาเริ่มต้นมีปริมาณกรดทั้งหมดสูงกว่าในชุดควบคุมแต่เมื่อเวลาผ่านไปกลับพบว่าในตัวอย่างดังกล่าวมีปริมาณกรดทั้งหมดใกล้เคียงกับชุดควบคุม จึงมีความเป็นได้มากว่าการเติมเคซีนที่ความเข้มข้นสูง ๆ ลงในไวน์มะม่วงแล้วทำให้ปริมาณกรดทั้งหมดลดลงได้มากกว่าการไม่เติมสารใดลงไป



ภาพที่ 39 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดในระหว่างการบ่มไวน์มะม่วงที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเคซีนที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

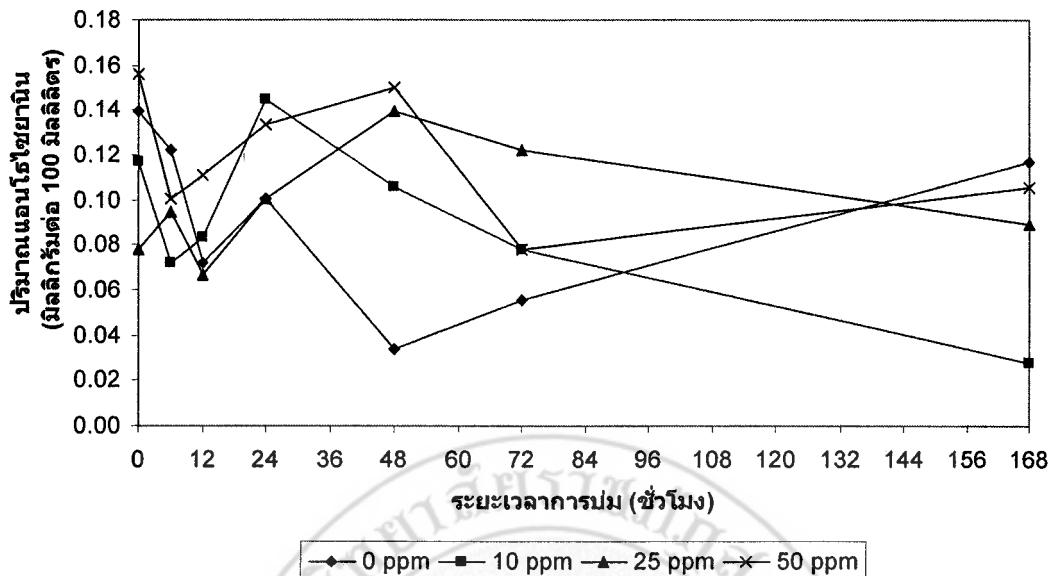
เมื่อพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดภายในไวน์มะม่วงหลังจากการเติมเอนไซม์เพคตินส เจลลิติน และ เคซีน (ภาพที่ 40) พบว่า ที่เวลาสิ้นสุดการทดลองปริมาณกรดทั้งหมดในไวน์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ มีค่าลดลงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p<0.05$ ) เมื่อเปรียบเทียบกับที่เวลาเริ่มการทดลอง ในขณะที่ในตัวอย่างไวน์ที่เติมเบนโตโนท์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ทำให้ปริมาณกรดทั้งหมดในไวน์เพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ( $p>0.05$ ) ของปริมาณกรดทั้งหมดที่เพิ่มขึ้นเมื่อเวลาสิ้นสุดการทดลอง และเมื่อเปรียบเทียบการเติมสารในการตัดตะกอนทั้งหมดพบว่าเจลลิตินเป็นสารที่มีแนวโน้มว่าสามารถทำให้ปริมาณกรดทั้งหมดในไวน์มะม่วงลดลงได้มากที่สุดซึ่งอาจส่งผลต่อคุณภาพและรสชาติของไวน์ได้มากที่สุดด้วย



ภาพที่ 40 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดในระหว่างการบ่มไวน์มะม่วงที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเอนไซม์และสารช่วยในการตัดตะกอนที่ความเข้มข้นต่าง ๆ (p : pectinase, g : gelatin, b : bentonite และ c : casein)

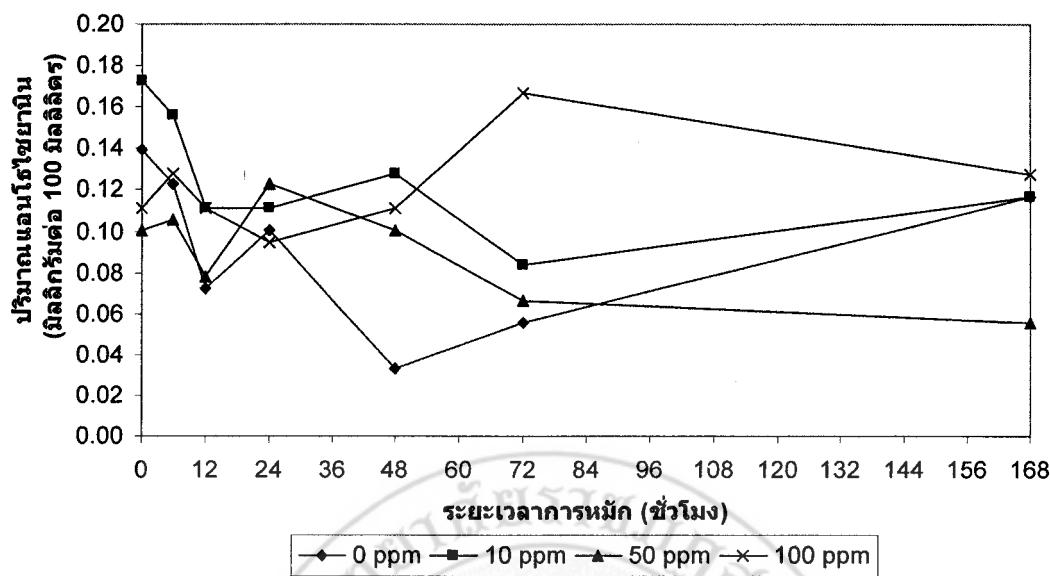
### การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารแอนโซไซดานิน

เมื่อระยะเวลาการบ่มเพิ่มขึ้นการเติมเอนไซม์เพคตินีสลงในไวน์สามารถทำให้ปริมาณสารแอนโซไซดานินลดลงได้มากกว่าการไม่เติมเอนไซม์ (ภาพที่ 41) ซึ่งเมื่อถึงสุดการทำตะกอนที่เวลาการบ่ม 168 ชั่วโมง พบว่า ตัวอย่างไวน์ที่เติมเอนไซม์เพคตินีสที่ความเข้มข้น 10 พีพีเอ็ม มีปริมาณสารแอนโซไซดานินต่ำที่สุด รองลงมาคือ ไวน์ที่เติมเอนไซม์เพคตินีสที่ความเข้มข้น 25 พีพีเอ็ม และไวน์ที่เติมไวน์ที่เติมเอนไซม์เพคตินีสที่ความเข้มข้น 50 พีพีเอ็ม ซึ่งมีปริมาณสารแอนโซไซดานิน 0.028, 0.089 และ 0.106 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณแอนโซไซดานินต่ำกว่าไวน์ที่ไม่มีการเติมเอนไซม์เพคตินีสที่มีปริมาณแอนโซไซดานิน 0.117 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร แต่เมื่อทำการเปรียบเทียบปริมาณสารแอนโซไซดานินที่ชั่วโมงสุดท้ายของการตัดตะกอนพบว่า ในทุกชุดการทำตะกอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $p>0.05$ ) Versari และคณะ (1997) พบว่า น้ำราสเบอร์รี่ซึ่งมีสีแดงจะมีสีจางลงหลังจากเติมเอนไซม์เพคตินีสลงไป 4-6 ชั่วโมง เนื่องจากเอนไซม์ที่เติมลงไปนั้นไปย่อยแอนโซไซดานินในน้ำราสเบอร์รี่นั้นเอง ซึ่งในการตัดตะกอนนี้พบว่าปริมาณแอนโซไซดานินในไวน์มะม่วงที่เติมเอนไซม์เพคตินีสลงไปเป็นเวลา 6 ชั่วโมงมีปริมาณลดลงมากกว่าไวน์ที่ไม่เติมสารໄคเดีย



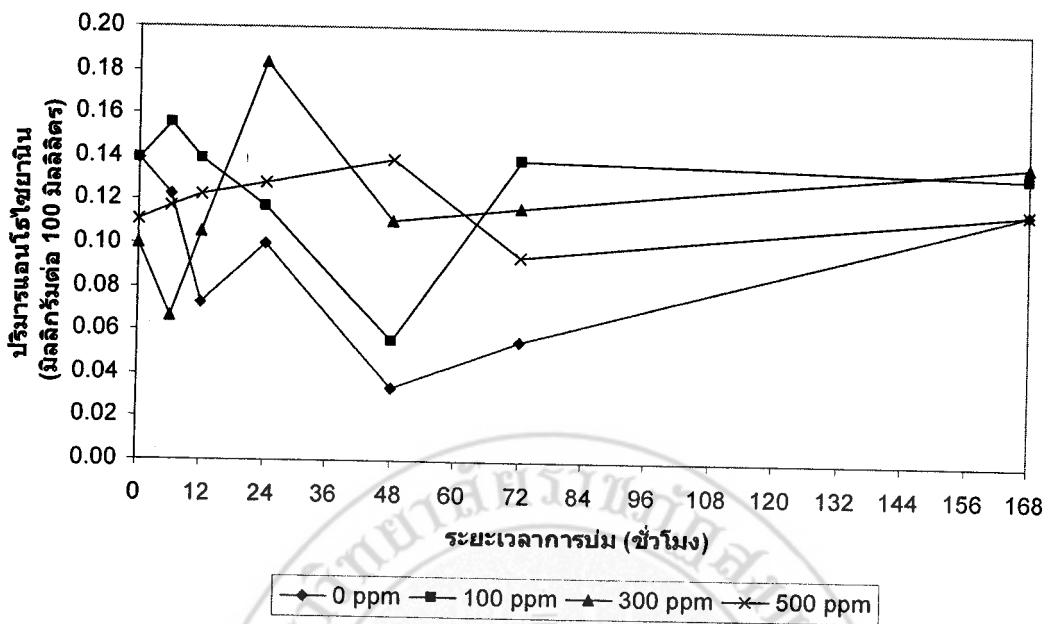
ภาพที่ 41 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารแอนโธไซยานินในระหว่างการปั่นไวน์มะเมื่อที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเอ็นไซม์เพคตินสที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

เมื่อพิจารณาถึงปริมาณสารแอนโธไซยานินของไวน์มะเมื่อที่ผ่านการทำให้ใสโดยการใช้เจลلاتินเป็นสารตัดตะกอน พบว่า เมื่อเวลาการปั่นผ่านไป 168 ชั่วโมง ตัวอย่างไวน์ที่ใช้เจลلاتินที่ความเข้มข้น 50 พีพีเอ็น มีปริมาณสารแอนโธไซยานินต่ำที่สุดคือ 0.056 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร รองลงมาคือ ไวน์ที่ใช้เจลلاتินที่ความเข้มข้น 10 พีพีเอ็น มีปริมาณสารแอนโธไซยานิน 0.117 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร ซึ่งเท่ากับ ไวน์ที่ไม่มีการเติมเจลلاتิน ในขณะที่ไวน์ที่เติมเจลلاتินความเข้มข้น 100 พีพีเอ็น มีปริมาณสารแอนโธไซยานิน 0.128 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารแอนโธไซยานินที่เวลาเริ่มต้นการทดลองกับที่เวลาสิ้นสุดการทดลองแล้วพบว่าไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ( $p>0.05$ ) ในแต่ละชุดการทดลอง (ภาพที่ 42)



ภาพที่ 42 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารแอนโไซด์ยานินในระหว่างการบ่มไวน์มะเม่ว่าที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเจลลาตินที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

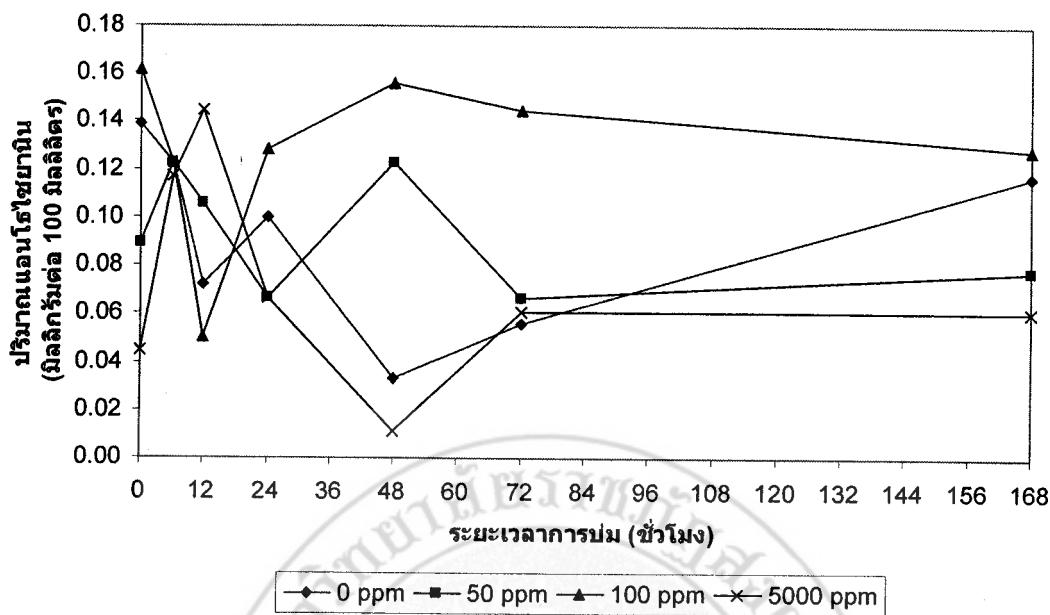
เจลลาตินเป็นสารที่นิยมใช้กันมากในระหว่างกระบวนการทำให้น้ำแอปเปิลมีความใสเนื่องจากเจลลาตินสามารถดูดซับสารประกอบฟีโนอลิก (phenolic compounds) บางชนิดที่มีในน้ำแอปเปิลได้ นอกจากนี้ยังสามารถทำให้น้ำแอปเปิลมีความใสคงที่ในระหว่างการเก็บรักษาอีกด้วย (Gökmen and Çetinkaya, 2007) จากการทดลองนี้แม้เจลลาตินที่ใช้สามารถทำให้บริมาณแอนโไซด์ยานินในไวน์ลดลงได้ แต่ผลที่ได้ยังไม่คือเท่าที่ควร ทั้งนี้อาจเป็นเพราะความเข้มข้นของเจลลาตินที่ใช้อาจจะยังไม่เหมาะสม หรืออาจเป็นไปได้ว่า เจลลาตินที่ใช้ในการทดลองนี้มีความสามารถในการดูดซับแอนโไซด์ยานินชนิดที่มีอยู่ในมะเม่ว่าได้ต่ำ



ภาพที่ 43 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารแอนโธไซยานินในระหว่างการบ่มไวน์มะเมื่อที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเบนโต้ไนท์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

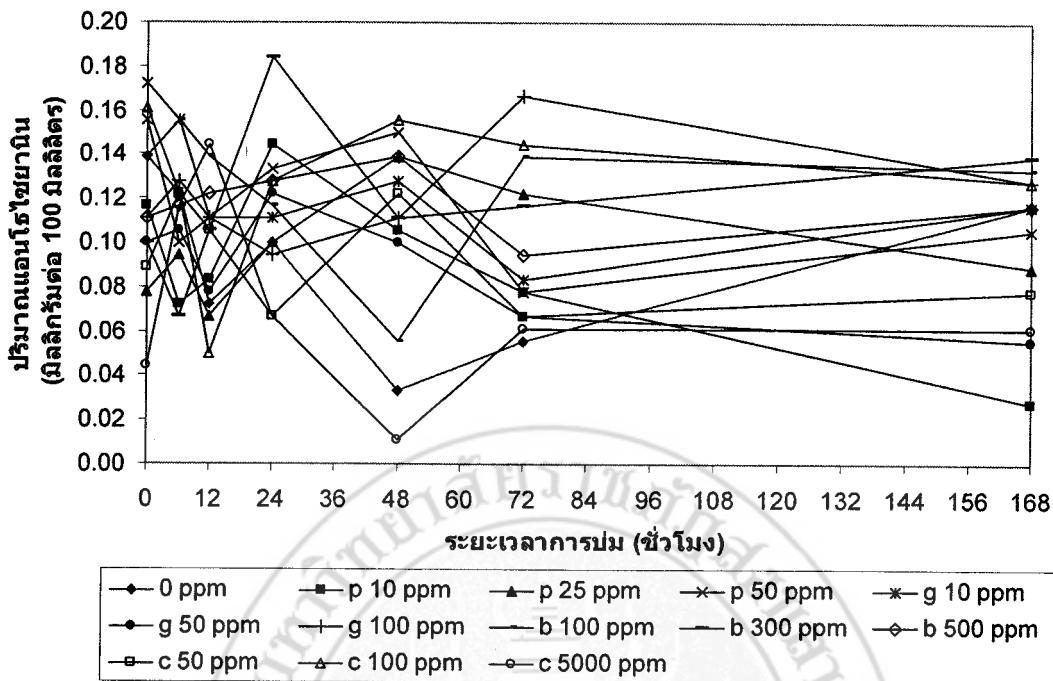
จากการที่ 43 จะเห็นได้ว่าไม่มีชุดการทดลองใดที่เติมสารเบนโต้ไนท์แล้วทำให้ปริมาณสารแอนโธไซยานินลดลงน้อยกว่าชุดควบคุม มีเพียงตัวอย่างไวน์ที่เติมเบนโต้ไนท์ความเข้มข้น 500 พีพีเอ็มเท่านั้นที่พบว่ามีปริมาณสารแอนโธไซยานินเท่ากับไวน์ในชุดที่ไม่เติมสารช่วยในการตัดตะกอน คือมีปริมาณแอนโธไซยานินเท่ากับ 0.117 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร ในขณะที่ตัวอย่างไวน์ที่เติมเบนโต้ไนท์ความเข้มข้น 100 และ 300 พีพีเอ็ม มีปริมาณแอนโธไซยานินเท่ากับ 0.134 และ 0.139 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร แม้เบนโต้ไนท์ที่ความเข้มข้นสูงจะทำให้ปริมาณแอนโธไซยานินในไวน์ลดลงได้มากกว่าที่ความเข้มข้นต่ำกว่า แต่อย่างไรก็ตามปริมาณเบนโต้ไนท์มากเกินไปสามารถส่งผลในทางลบต่อคุณภาพและรสชาติของไวน์ได้ (Esteruelas *et al.*, 2009)

จากการทดลองไวน์มะเมื่อที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเคซีนที่ความเข้มข้นต่าง ๆ แสดงดังภาพที่ 44 พบว่าปริมาณสารแอนโธไซยานินมีการเปลี่ยนแปลงทุกระยะเวลาการบ่ม แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) ของปริมาณสารแอนโธไซยานินที่เวลาสิ้นสุดการทดลอง อย่างไรก็ตามพบว่าการเติมเคซีนที่ความเข้มข้น 5000 และ 50 พีพีเอ็ม ลงไปในไวน์มะเมื่อสามารถทำให้ปริมาณแอนโธไซยานินลดต่ำลงกว่าในไวน์ที่ไม่มีการเติมสารชนิดนี้ลงไป โดยมีค่าแอนโธไซยานินเป็น 0.061, 0.078 และ 0.117 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร ตามลำดับ



ภาพที่ 44 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารแอนโรตี้ไซยานินในระหว่างการบ่มไวน์มะม่วงที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเคซีนที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงปริมาณแอนโรตี้ไซยานินในระหว่างการบ่มไวน์มะม่วงที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเอนไซม์และสารช่วยในการตัดตะกอนที่ความเข้มข้นต่าง ๆ พบว่า การเติมเอนไซม์และสารช่วยตัดตะกอนส่วนใหญ่ เช่น เอนไซม์เพคตินase เจลลาริน และเคซีนสามารถทำให้ไวน์มะม่วงมีปริมาณสารแอนโรตี้ไซยานินลดลงได้ โดยไวน์มะม่วงที่เติมเอนไซม์เพคตินase ความเข้มข้น 10 พีพีเอ็ม มีปริมาณแอนโรตี้ไซยานินต่ำกว่าที่สุด รองลงมาคือ ไวน์ที่เติมเจลลารินที่ความเข้มข้น 50 พีพีเอ็ม และไวน์ที่เติมเคซีนเข้มข้น 5000 พีพีเอ็ม ในขณะที่ไวน์มะม่วงที่เติมสารเบนโตโนïท์ไม่มีชุดการทดลองใดที่มีปริมาณแอนโรตี้ไซยานินต่ำกว่าชุดควบคุมที่ไม่มีการเติมสารใดลงไว้ แต่เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารแอนโรตี้ไซยานินภายในไวน์ที่ระยะเวลาสิ้นสุดการทดลองลงพบว่าไวน์ที่ใช้สารช่วยตัดตะกอนแต่ละชนิดที่ความเข้มข้นต่าง ๆ มีปริมาณสารแอนโรตี้ไซยานินไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p>0.05$ ) (ภาพที่ 45)



ภาพที่ 45 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารแอนโซไซดานินในระหว่างการบ่มไวน์มะม่วงที่ผ่านการทำให้ไสโดยการเติมเอนไซม์และสารช่วยในการตัดตะกอนที่ความเข้มข้นต่าง ๆ  
( $p$  : pectinase,  $g$  : gelatin,  $b$  : bentonite และ  $c$  : casein)

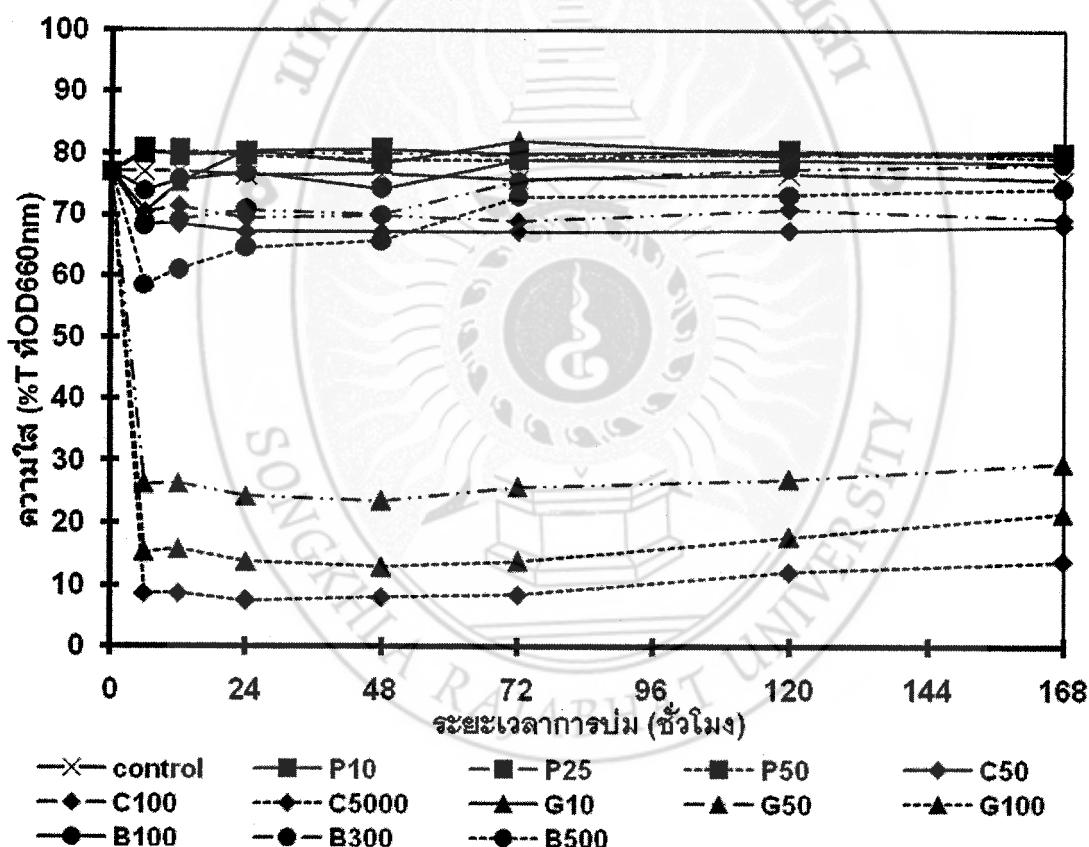
### การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอลกอฮอล์

จากการศึกษาพบว่าเมื่อเริ่มต้นการทดลองไวน์มะม่วงมีปริมาณแอลกอฮอล์อยู่ที่ 12.4% และเมื่อถึงสุดการทดลองทำการวัดปริมาณแอลกอฮอล์อีกรังส์ พบว่าปริมาณแอลกอฮอล์อยู่ที่ 12.2% ซึ่งลดลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น เนื่องจากในกระบวนการบ่มไวน์นั้นกระบวนการหมักของเชื้อจุลินทรีย์ หยุดลงแล้ว เมื่อไม่มีการหมักเกิดขึ้นปริมาณแอลกอฮอล์ภายในไวน์จึงคงที่หรือมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย

### 5. ผลของการใช้เพคตินส์ และสารช่วยตัดตะกอนชนิดอื่นต่อความใสและความกราฟของไวน์ลูกหว้า

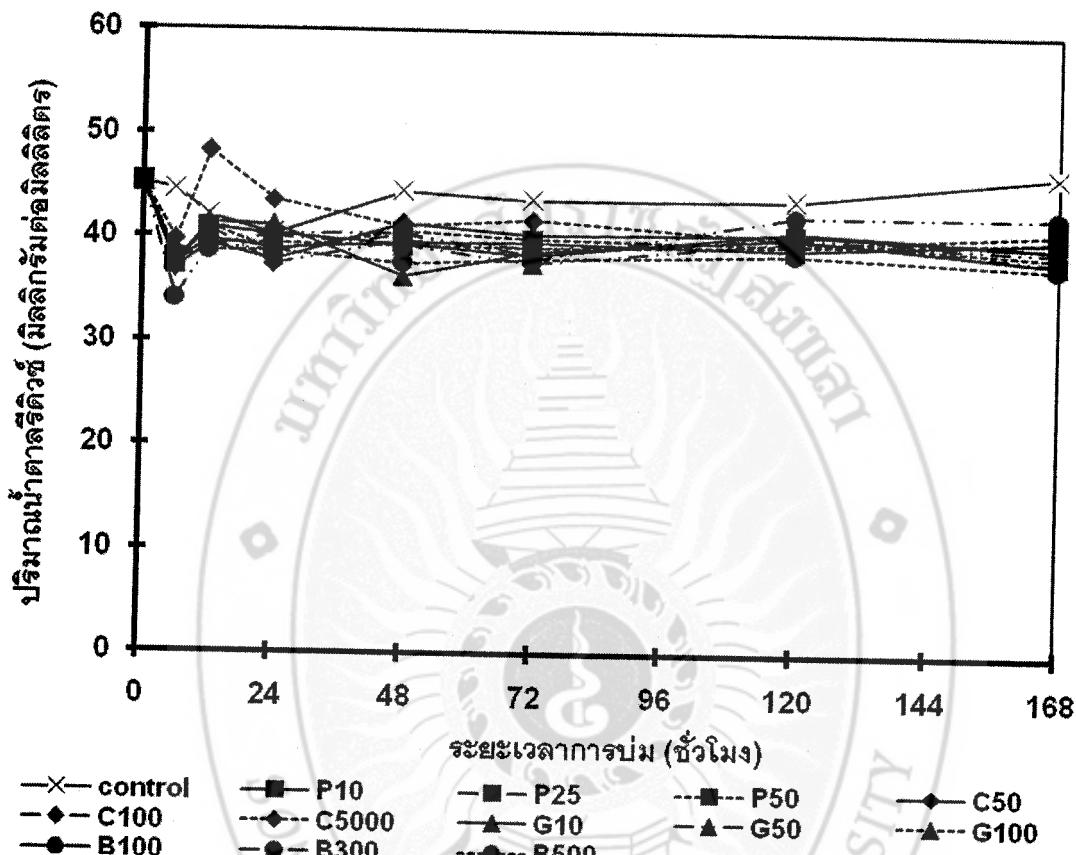
การศึกษาผลของการเติมสารช่วยตัดตะกอนบางชนิดต่อการบ่มไวน์ลูกหว้าที่อัตราส่วนลูกหว้าต่อน้ำเท่ากับ 1:3 โดยเปรียบเทียบการเติมสารช่วยตัดตะกอน ได้แก่ เอนไซม์เพคตินส์ เคซีน เจลลาติน และเบนโทไนท์ ในอัตราส่วนต่างๆ แล้วนำไปบ่มต่อที่อุณหภูมิห้อง (เอนไซม์เพคตินส์) และอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (เคซีน เจลลาติน และเบนโทไนท์) โดยจะเก็บตัวอย่างที่ระยะเวลาการบ่มไวน์ 0, 12, 24, 48, 72, 120 และ 168 ชั่วโมง เพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของไวน์ลูกหว้า

จากการทดลองพบว่าการเติมสารช่วยตัดตะกอนจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความใส ปริมาณครดทั้งหมด ปริมาณแอนโซไซดานิน และปริมาณนำตาลรีดิวซ์ระหว่างการทำไวน์ใส เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของค่าความใสในการบ่มไวน์ลูกหัว ดังแสดงในภาพที่ 46 พบว่าการเติมสารช่วยตัดตะกอนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความใสของไวน์ โดยพบว่าการเติมเอนไซม์เพคตินaseที่ความเข้มข้น 10, 25 และ 50 พีพีเอ็ม เจลาตินที่ความเข้มข้น 10 พีพีเอ็ม และเบนโทไนท์ที่ความเข้มข้น 100 และ 300 พีพีเอ็ม จะช่วยทำให้ค่าความใสสูงขึ้น ทั้งนี้เป็นผลจากองค์ประกอบของลูกหัว (ตารางที่ 1) ซึ่งประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และตะกอนโลหะ โดยbenzotoneที่จะสามารถช่วยดูดซับตะกอน และขัดความชุ่มที่เกิดจากโปรตีนได้เป็นอย่างดี เออนไซม์เพคตินaseช่วยทำให้ไม่เกิดกลุ่มของโปรตีนในคอลลอยด์และเพคตินมาร่วมตัวเกิดเป็นไม้เลกุลใหญ่และตกตะกอน ทำให้น้ำผลไม้ที่ได้ใสขึ้น (Alvarez *et al.*, 1998) และเจลาตินช่วยในการตัดตะกอนไวน์ที่มีแทนนินสูง



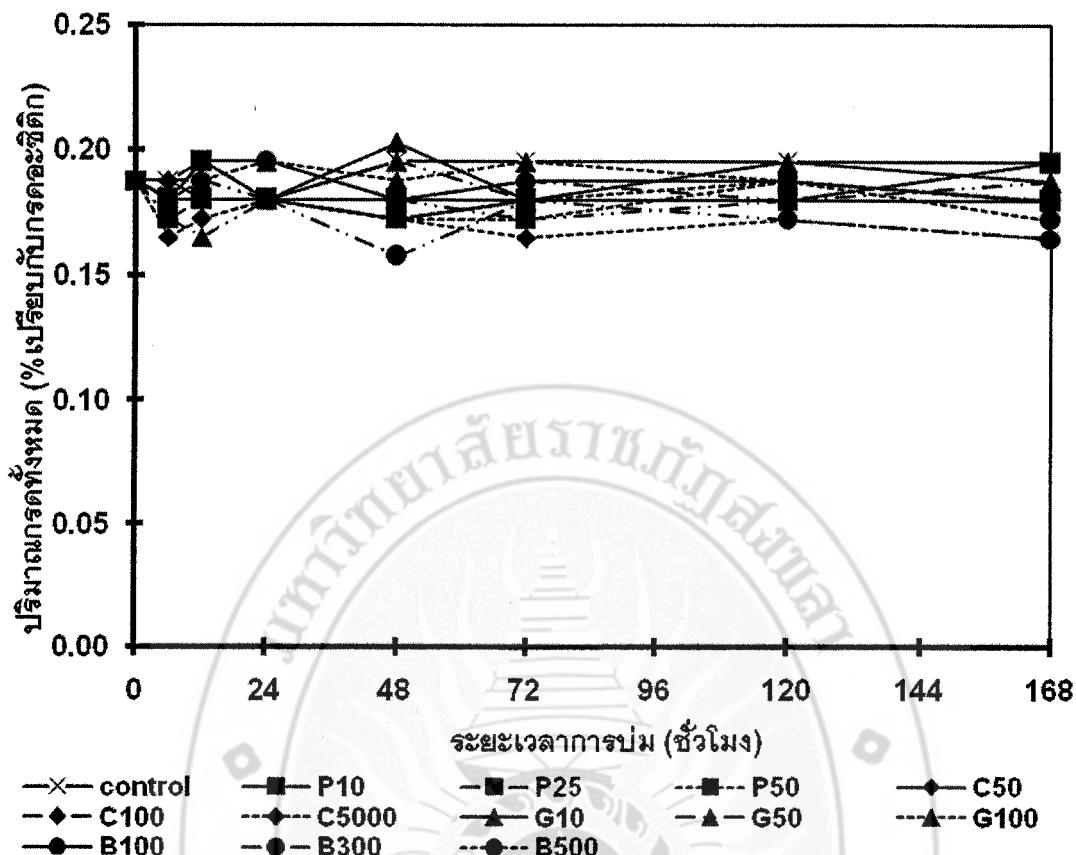
ภาพที่ 46 การเปลี่ยนแปลงค่าความใสในระหว่างบ่มไวน์ลูกหัวที่อัตราส่วนลูกหัวต่อน้ำเท่ากัน 1:3 ที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเอนไซม์และสารช่วยในการตัดตะกอนที่ความเข้มข้นต่างๆ (P: pectinase, G : gelatin, B : bentonite และ C : casein)

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำตาลรีดิวช์ในระหว่างการทำไวน์ไส แสดงดังภาพที่ 47 พบว่าการเติมสารช่วยตัดตะกอนมีผลทำให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวช์ลดลง โดยการเติมเบนโทไนท์ความเข้มข้น 500 พีพีเอ็ม จะทำให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวช์ลดลงมากสุด คือเหลือปริมาณน้ำตาลรีดิวช์เท่ากับ 37.58 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร



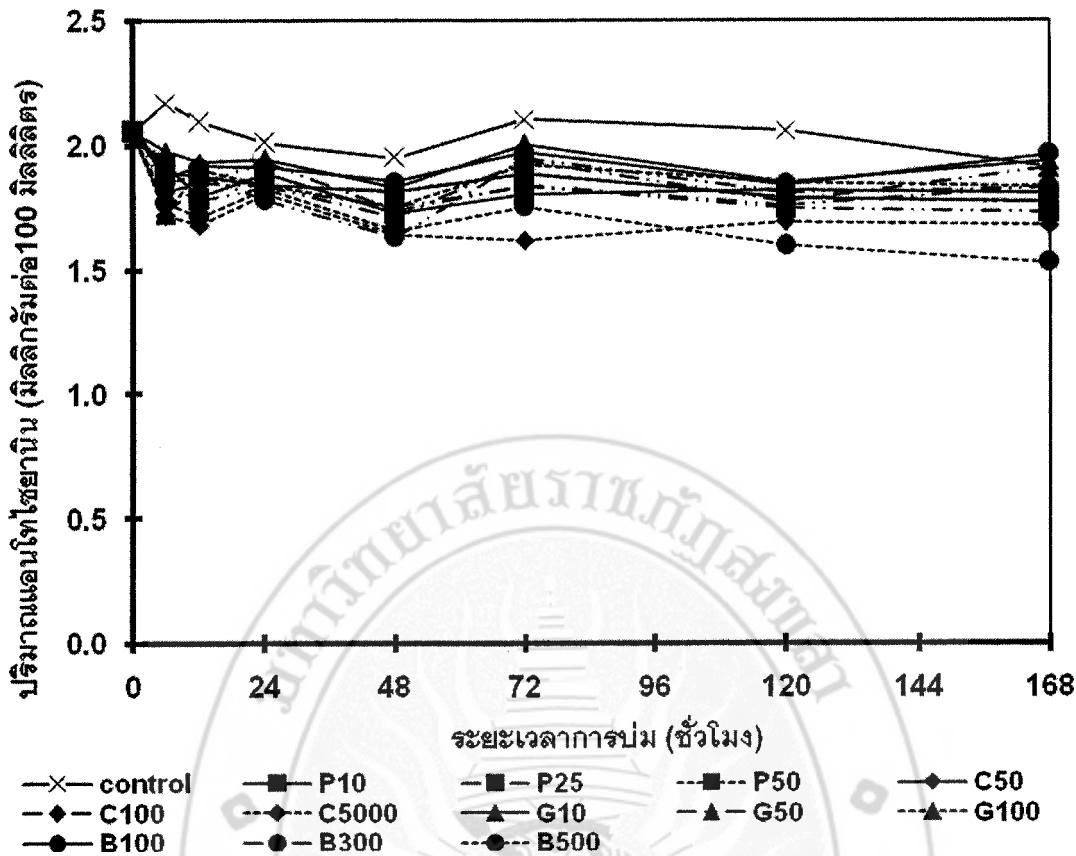
ภาพที่ 47 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวช์ในระหว่างบ่มไวน์ลูกหว้าที่อัตราส่วนลูกหว้าต่อน้ำเท่ากับ 1:3 ที่ผ่านการทำให้ไสโดยการเติมเอนไซม์และสารช่วยในการตัดตะกอนที่ความเข้มข้นต่าง ๆ (P: pectinase, G : gelatin, B : bentonite และ C : casein)

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทึ่งหมดในระหว่างการทำไวน์ลูกหว้า (ภาพที่ 48) พบว่าการเติมสารช่วยตัดตะกอนมีผลทำให้ปริมาณกรดลดลงเพียงเล็กน้อย นอกจากนี้พบว่าการเติมสารช่วยตัดตะกอนมากขึ้นจะทำให้ปริมาณกรดลดลงมากขึ้นตามไปด้วย และพบว่าการเติมเบนโทไนท์ความเข้มข้น 500 พีพีเอ็ม ที่จะมีผลต่อการลดลงของปริมาณกรดมากกว่าการเติมด้วยเจลลาติน เกซีน และเอนไซม์ เพคตินেส ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการเบนโทไนท์เป็นสารที่เป็นประจุลบสามารถจับกับไอออนของกรดซึ่งมีประจุเป็นบวกแล้วตัดตะกอน ทำให้ไวน์มีปริมาณกรดที่ลดลง



ภาพที่ 48 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดในระหว่างบ่มไวน์ลูกหว้าที่อัตราส่วนลูกหว้าต่อน้ำเท่ากับ 1:3 ที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเอนไซม์และสารช่วยในการตกตะกอนที่ความเข้มข้นต่างๆ (P: pectinase, G : gelatin, B : bentonite และ C : casein)

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณเอนไซม์ไชยานินในการบ่มไวน์ลูกหว้า พบร่วงการเติมสารช่วยตกตะกอนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณเอนไซม์ไชยานินเพียงเล็กน้อย โดยพบว่าการเติมสารเบนโทไนท์ที่ความเข้มข้น 500 พีพีเอ็ม ทำให้ปริมาณสารเอนไซม์ไชยานินลดลงต่ำที่สุด โดยปริมาณเอนไซม์ไชยานินเหลือเท่ากับ 1.53 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร (ภาพที่ 49)



ภาพที่ 49 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอนไซไซด์บานานาในระหว่างบ่มไวน์ลูกหัวที่อัตราส่วนลูกหัวต่อน้ำเท่ากับ 1:3 ที่ผ่านการทำให้สุกโดยการเติมเอนไซม์และสารช่วยในการทดสอบที่ความเข้มข้นต่างๆ (P: pectinase, G : gelatin, B : bentonite และ C : casein)

เมื่อพิจารณาผลการทำไวน์ลูกหัวพบว่าไวน์ที่เติมเอนไซม์เพคตินสูงที่ความเข้มข้น 10, 25 และ 50 พีพีเอ็ม เจลอาตินความเข้มข้น 50 พีพีเอ็ม เป็นโภคaineที่ความเข้มข้น 100, 300 และ 500 พีพีเอ็ม ให้ค่าความใสสูงสุด จึงนำไปทดสอบทางประสานสัมผัสโดยการซิมไวน์ลูกหัว โดยผู้ทดสอบจำนวน 30 คน เพื่อคัดเลือกไวน์ลูกหัวที่ให้กลิ่นรสที่ที่ดีสุด

จากผลการยอมรับทางค้านการทดสอบการซิมไวน์ที่ผ่านการทำไวน์โดยดังตารางที่ 5 พบว่า ไวน์ลูกหัวที่ได้รับการยอมรับสูงสุดคือ ไวน์ลูกหัวที่ทำไวน์โดยใช้เจลอาตินความเข้มข้น 10 พีพีเอ็ม ซึ่งได้รับคะแนนรวมเท่ากับ 11.60 ถึงแม้ว่าไวน์ลูกหัวที่ทำไวน์โดยใช้เจลอาตินความเข้มข้น 10 พีพีเอ็ม จะให้คะแนนรวมสูงสุด แต่ผลจากการซิมไวน์พบว่าไวน์ลูกหัวที่ทำไวน์โดยใช้เจลอาตินความเข้มข้น 10 พีพีเอ็ม ให้ค่าความเปรียบเทียบกับไวน์อื่นๆ ซึ่งถือเป็นลักษณะของไวน์ที่ไม่ดี (ภาพที่ 50) อย่างไรก็ตามเมื่อจัดลักษณะของไวน์พบว่าไวน์ลูกหัวที่ทำไวน์โดยใช้เจลอาตินความเข้มข้น 10 พีพีเอ็ม ให้ค่าคะแนนรวมไม่แตกต่างกับการเติมสารช่วยทดสอบอื่นๆ

และชุดที่ไม่มีการเติมสารช่วยตกต่อง กล่าวคือถือว่าเป็นไวน์ที่ยอมรับโดยผู้บริโภค มี defect บ้างเล็กน้อย ดังนั้นจากการทดสอบการซิมไวน์ในครั้งนี้ พบว่าการใช้สารช่วยตกต่องชนิดอื่น เช่น เบนโทไนท์ และเอนไซม์เพคตินase สามารถใช้แทนเจลาตินที่ความเข้มข้น 10 พีพีเอ็มได้ เพื่อลดผลกระทบความเบรี้ยวที่เกิดขึ้น นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบการทดสอบการซิมไวน์ลูกหัวหลังทำไส โดยการเติมเอนไซม์เพคตินase และbenetone ในที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน แสดงดังภาพที่ 51 และ 52 พบว่า เมื่อเติมสารbenetone เพิ่มขึ้น ไม่มีผลต่อคะแนนรวมของไวน์ แต่การเติมปริมาณเอนไซม์เพคตินaseเพิ่มขึ้นจะทำให้กลิ่น และคะแนนรวมของไวน์สูงขึ้น

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบซิมไวน์ลูกหัว โดยผู้ทดสอบชิม 30 คน

	Control*	P10	P25	P50	G10	B100	B300	B500
1. ความใส (2)	1.52	1.55	1.52	1.57	1.45	1.50	1.45	1.52
2. สี (2)	1.18	1.18	1.22	1.20	1.09	1.18	1.18	1.20
3. กลิ่น (4)	1.17	0.90	1.10	1.30	1.23	1.10	1.17	1.47
4. กลิ่นน้ำส้มสายชู (2)	1.58	1.71	1.44	1.67	1.73	1.53	1.76	1.64
5. ความเบรี้ยว (2)	0.63	0.70	0.72	0.68	1.43	0.68	0.67	0.75
6. ความหวาน (1)	0.75	0.78	0.71	0.74	0.69	0.75	0.73	0.73
7. นอต (1)	0.80	0.83	0.80	0.90	0.87	0.87	0.77	0.97
8. รสชาติ (2)	0.84	0.73	0.89	0.74	0.88	0.84	0.78	0.98
9. ความขมหรือฝาด (2)	1.35	1.05	1.28	1.18	1.22	1.22	1.20	1.20
10. คุณภาพโดยรวม (2)	0.94	0.84	0.96	0.83	1.01	0.89	0.87	1.08
คะแนนรวม** (20)	<b>10.76</b>	<b>10.28</b>	<b>10.64</b>	<b>10.82</b>	<b>11.60</b>	<b>10.56</b>	<b>10.56</b>	<b>11.53</b>

\* control : ชุดที่ไม่มีการเติมสารช่วยตกต่อง

P: pectinase, G : gelatin, B : bentonite และ C : casein

\*\* คะแนนรวมของกลั่นจะเป็นดังนี้

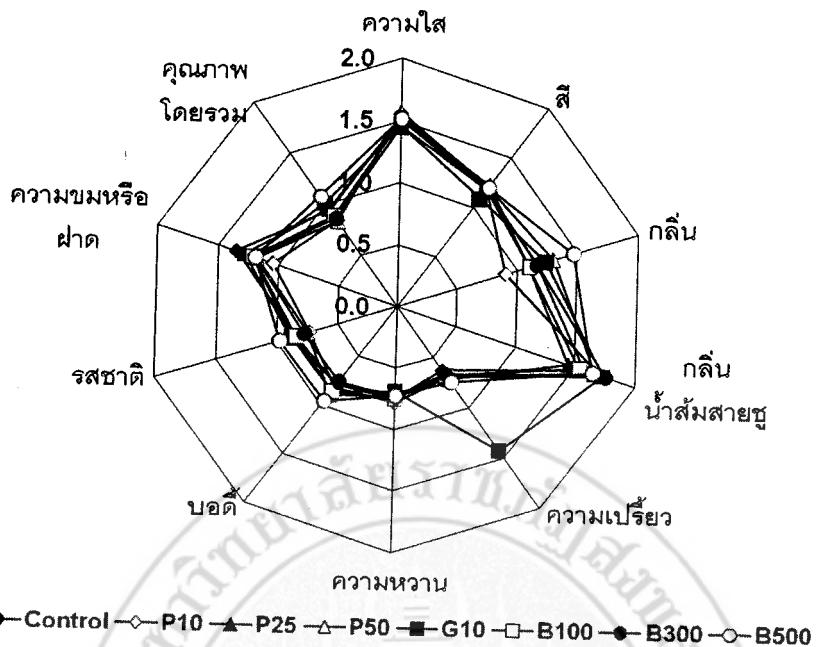
17-20 คะแนน เป็นไวน์ที่มีคุณภาพดีเด่นและไม่มี defect ใดๆ

13-16 คะแนน เป็นไวน์มาตรฐาน ไม่มีอะไรเด่นหรือด้อย (defect)

9-12 คะแนน เป็นไวน์ที่ยอมรับโดยผู้บริโภค มี defect บ้างเล็กน้อย

5-8 คะแนน เป็นไวน์ที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับ

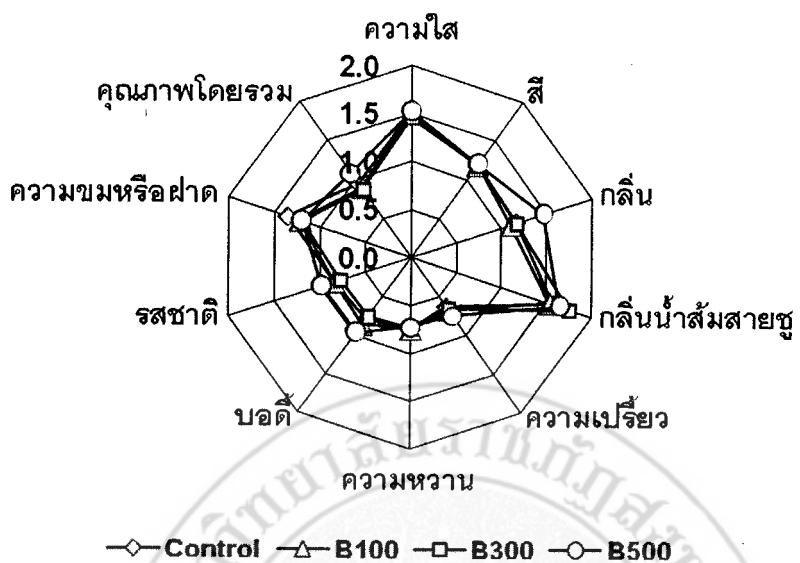
1-4 คะแนน เป็นไวน์เสีย



ภาพที่ 50 ภาพไวยแรมมุนของผลการทดสอบชิมไวน์ถูกหัวหลังจากทำใส



ภาพที่ 51 ภาพไวยแรมมุนของผลการทดสอบชิมไวน์ถูกหัวหลังทำใสโดยการเติมเอนไซม์ เพลคตินेटที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน



ภาพที่ 52 ภาพไข้แมงมุมของผลการทดสอบขิงไวน์ลูกหว้าหลังทำไสโดยการเดิมเป็นโภทในที่  
ความเข้มข้นแตกต่างกัน