บทที่ 3
ผลการทดลอง

1. ผลการใช้เอนไซม์เพคติเนสในการสกัดน้ำผลไม้

การศึกษาผลของการใช้เอนไซม์เพคติเนสต่อการเปลี่ยนแปลงของน้ำลูกหว้าโดยใช้เอนไซม์เพคติเนส 2 ชนิด ได้แก่ เอนไซม์ LALLYME HC ที่ใช้ทางการค้า และเอนไซม์ Pectinase AR ที่ได้จากเชื้อ *Aspergillus niger* และใช้ความเข้มข้นของเอนไซม์ 25 และ 50 พีพีเอ็ม แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 30 นาที พบว่าการเติมเอนไซม์เพคติเนสในน้ำลูกหว้ามีผลทำให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณแอนโธไซยานิน และความใสเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำลูกหว้าที่ไม่มีการเติมเอนไซม์เพคติเนส (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ผลของเอนไซม์เพคติเนสต่อองค์ประกอบของน้ำลูกหว้า

	น้ำลูกหว้า				
	ไม่เติมเอนไซม์	เติมเอนไซม์ LALLYME HC		เติมเอนไซม์ Pectinase AR	
		25 พีพีเอ็ม	50 พีพีเอ็ม	25 พีพีเอ็ม	50 พีพีเอ็ม
ปริมาณแอนโธไซยานิน (มก.ต่อ100 มล.)	18.84^{ab*}	20.04^{a}	19.50^{a}	17.02^{ab}	15.65^{b}
ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (มก.ต่อมล.)	142.80^{c}	136.67^{d}	155.70^{a}	145.81^{b}	153.98^{a}
ความใส (%T)	0.53^{b}	0.63^{ab}	0.67^{ab}	0.97^{ab}	1.13^{a}
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)	10.13^{b}	10.00^{b}	10.00^{b}	10.10^{b}	10.40^{a}

*ตัวอักษรต่างกันในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

จากตารางที่ 2 พบว่าการเติมเอนไซม์ LALLYME HC ที่ความเข้มข้น 25 และ 50 พีพีเอ็ม และการเติมเอนไซม์ Pectinase AR ที่ความเข้มข้น 25 พีพีเอ็ม ไม่มีผลต่อการเพิ่มหรือลดลงของปริมาณแอนโธไซยานิน ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และความใสอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ

ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ แต่การใช้เอนไซม์ Pectinase AR ที่ความเข้มข้น 50 พีพีเอ็ม มีผลทำให้ปริมาณแอนโธไซยานินลดลง และทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและความใสสูงขึ้นเล็กน้อย เนื่องมาจากการที่เอนไซม์เพคติเนสช่วยทำให้โมเลกุลของโปรตีนในคอลลอยด์และเพคตินมารวมตัวเกิดเป็นโมเลกุลใหญ่และตกตะกอน ทำให้น้ำผลไม้ที่ได้ใสขึ้น (Alvarez *et al.*, 1998) ซึ่งเป็นการช่วยลดความขุ่นของไวน์ได้ นอกจากนี้ยังพบว่าการเพิ่มความเข้มข้นของเอนไซม์เพคติเนสจาก 25 พีพีเอ็ม เป็น 50 พีพีเอ็ม จะทำให้ได้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงขึ้นเล็กน้อย เนื่องจากเอนไซม์เพคติเนสย่อยเพคตินได้เป็นน้ำตาลหรือพอลิเมอร์ที่มีปลายข้างหนึ่งมีปลายรีดิวซ์เพิ่มขึ้น (ปราณี อ่านเปรื่อง, 2547; Debing *et al.*, 2006) การมีน้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มขึ้นจะทำให้ได้น้ำตาลซึ่งจะเป็นแหล่งคาร์บอนให้ยีสต์ได้ใช้เปลี่ยนเป็นแอลกอฮอล์เพิ่มมากขึ้น

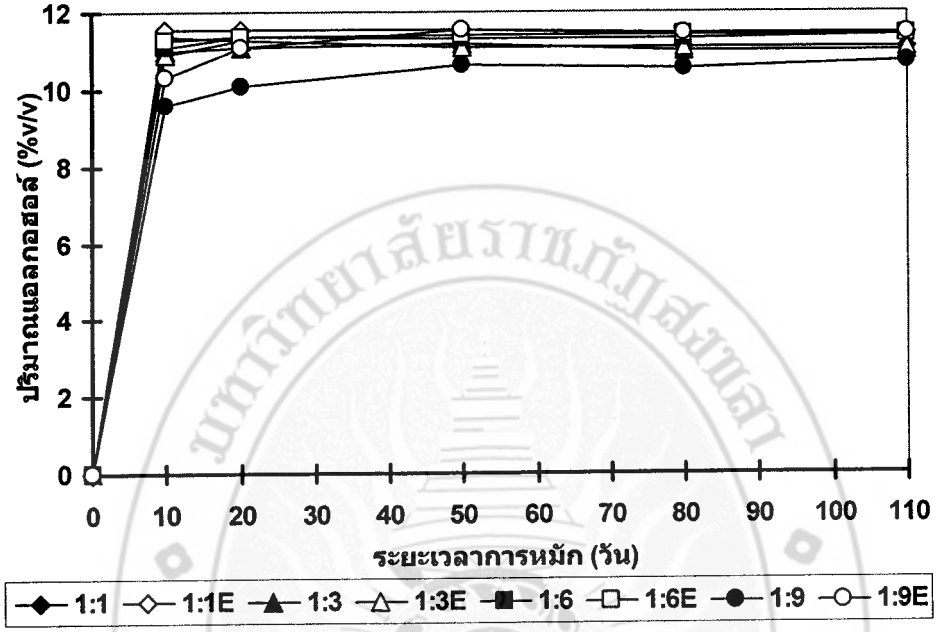
จากการศึกษาในครั้งนี้เลือกการเติมเอนไซม์เพคติเนสชนิด LALLYME HC ความเข้มข้น 50 พีพีเอ็ม ในการศึกษาต่อไป เนื่องจากค่าต่างๆ ที่ศึกษาไม่มีความแตกต่างจากการใช้เอนไซม์ Pectinase AR แต่เมื่อพิจารณาถึงต้นทุนการผลิต เอนไซม์ LALLYME HC (1 กรัม มีราคาประมาณ 50.40 บาท) มีราคาถูกกว่าเอนไซม์ Pectinase AR ที่ได้จากเชื้อ *Aspergillus niger* (1 กรัม มีราคาประมาณ 184.00 บาท)

2. ผลของการเติมเอนไซม์เพคติเนสต่อการหมักไวน์ลูกหว้า

การศึกษาผลของการเติมเอนไซม์เพคติเนสต่อการหมักไวน์ลูกหว้า โดยเปรียบเทียบผลการเติมเอนไซม์ LALLYME HC ความเข้มข้น 50 พีพีเอ็ม และไม่เติมเอนไซม์เพคติเนส โดยเติมลงในน้ำลูกหว้าที่เจือจางในอัตราส่วนต่างๆ ได้แก่ 1:1, 1:3, 1:6 และ 1:9 ใช้เชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* สายพันธุ์ Burgardy เป็นระยะเวลา 10 วันที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นทำการถ่ายไวน์ แล้วนำไปบ่มต่อที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 10 วัน จากนั้นทำการถ่ายไวน์อีกครั้งลงในขวดใหม่ รวมระยะเวลาการหมักไวน์ 20 วัน แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 เดือน โดยจะเก็บตัวอย่างทุกเดือน (ระยะเวลาการหมักไวน์ 50, 80 และ 110 วัน ตามลำดับ) เพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของไวน์ลูกหว้า

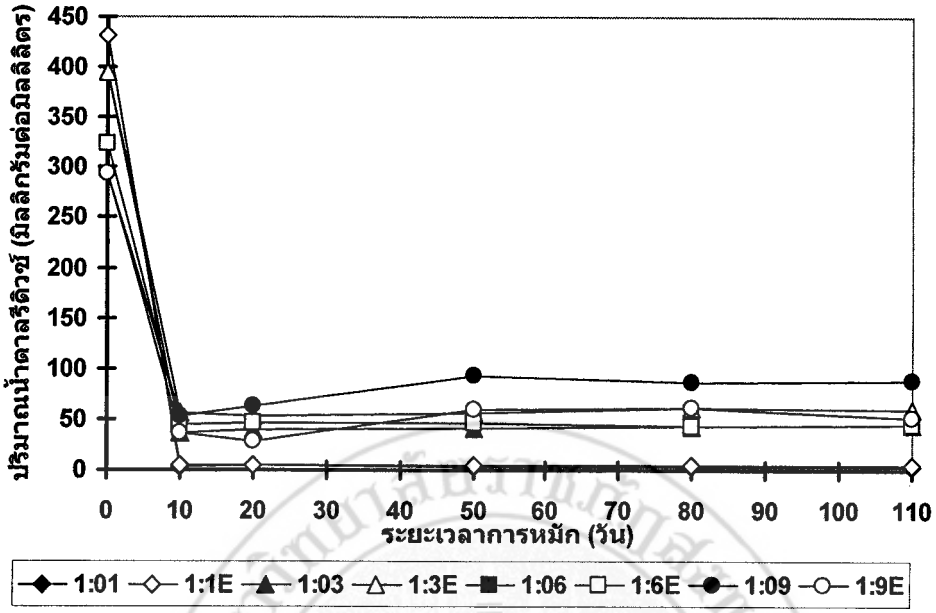
จากการพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแอลกอฮอล์ระว่างการหมักไวน์ลูกหว้า พบว่าเชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* สายพันธุ์ Burgardy สามารถผลิตแอลกอฮอล์ได้ร้อยละ 9.6-11.52 ปริมาตรต่อปริมาตร โดยที่อัตราส่วนระหว่างลูกหว้ากับน้ำเท่ากับ 1:1, 1:3 และ 1:6 จะได้ปริมาณแอลกอฮอล์ไม่แตกต่างกัน โดยยีสต์จะผลิตแอลกอฮอล์อย่างรวดเร็วในช่วง 10 วันแรกของการหมัก หลังจากนั้นเมื่อทำการถ่ายไวน์ ปริมาณแอลกอฮอล์จะค่อนข้างคงที่ ยกเว้นที่อัตราส่วนลูกหว้ากับน้ำเท่ากับ 1:9 จะได้ปริมาณแอลกอฮอล์ต่ำสุด โดยได้ปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละ 9.6 ปริมาตรต่อปริมาตร จากภาพที่ 4 จะพบว่าเมื่ออัตราส่วนของลูกหว้ากับน้ำสูงขึ้นจะทำให้ได้ปริมาณแอลกอฮอล์ที่ลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าการเติมเอนไซม์ LALLYME HC เข้าไปร่วมในระหว่างการหมักไวน์ลูกหว้าจะช่วยทำให้ได้ปริมาณแอลกอฮอล์ที่สูงกว่าชุดที่ไม่ได้เติมเอนไซม์ลงไป อาจจะเนื่องมาจากเอนไซม์

LALLYME HC ยังคงมีกิจกรรมต่อเนื่องในการย่อยเพคตินให้ได้เป็นน้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มขึ้น ซึ่งช่วยให้ยีสต์มีแหล่งคาร์บอนเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้ปริมาณแอลกอฮอล์ในชุดที่มีการเติมเอนไซม์สูงกว่าชุดที่ไม่เติมเอนไซม์



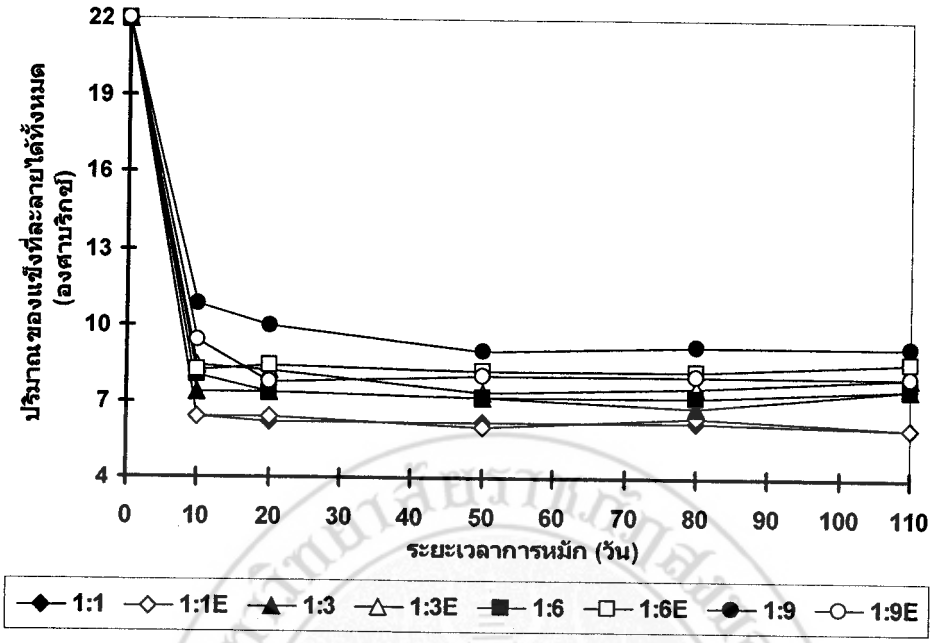
ภาพที่ 4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอลกอฮอล์ระหว่างการหมักไวน์ลูกหว้าที่อัตราส่วนของลูกหว้าต่อน้ำที่แตกต่างกัน (E ชุดที่มีการเติมเอนไซม์ LALLYME HC ความเข้มข้น 50 พีพีเอ็ม ลงไปร่วมระหว่างการหมักไวน์ลูกหว้า)

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในระหว่างการหมักไวน์ แสดงดังภาพที่ 5 พบว่าการลดลงของน้ำตาลรีดิวซ์จะสัมพันธ์กับการผลิตแอลกอฮอล์ของยีสต์ โดยน้ำตาลรีดิวซ์จะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 10 วันแรกของการหมัก หลังจากนั้นการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์จะน้อยมาก และพบว่าอัตราส่วนลูกหว้าต่อน้ำมีผลต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่เหลืออยู่ในไวน์ โดยเมื่ออัตราส่วนลูกหว้าต่อน้ำมากขึ้นปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่เหลืออยู่ในไวน์ลูกหว้าก็สูงขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเจือจางน้ำผลไม้มีผลต่อการเจือจางสารอาหารในน้ำผลไม้ด้วย จึงส่งผลทำให้ยีสต์เจริญไม่ดี และทำให้เชื้อยีสต์เปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์ได้ลดลงโดยที่อัตราส่วนลูกหว้าต่อน้ำเท่ากับ 1:9 จะทำให้ได้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่เหลืออยู่ในไวน์มากสุด เท่ากับ 88.6 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร



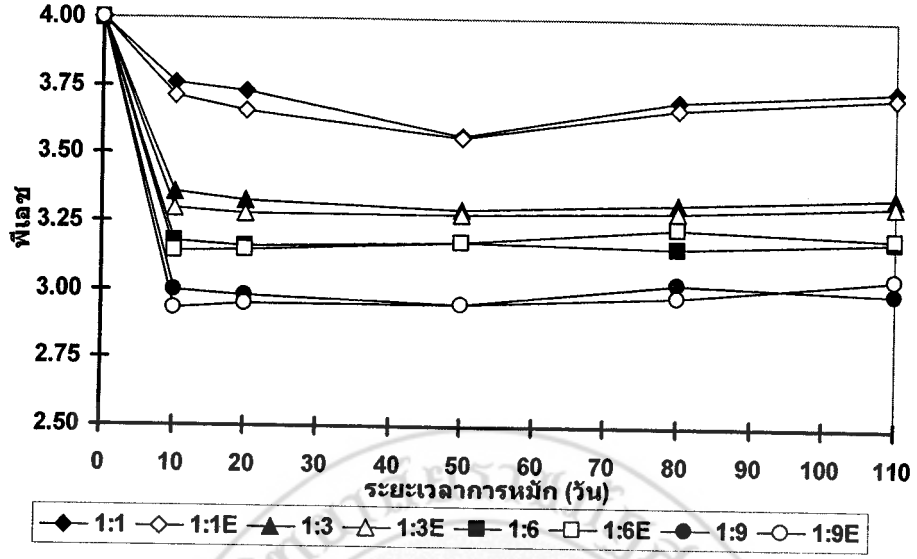
ภาพที่ 5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในระหว่างการหมักไวน์ลูกหว้าที่อัตราส่วนของลูกหว้าต่อน้ำที่แตกต่างกัน (E ชุดที่มีการเติมเอนไซม์ LALLYME HC ความเข้มข้น 50 พีพีเอ็ม ลงไปร่วมระหว่างการหมักไวน์ลูกหว้า)

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในการหมักไวน์ลูกหว้า พบว่าอัตราส่วนระหว่างลูกหว้าต่อน้ำมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในไวน์ลูกหว้า โดยอัตราส่วนลูกหว้าต่อน้ำเท่ากับ 1:9 จะมีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดสูงสุด นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดจะลดลงอย่างรวดเร็วใน 10 วันแรกของการหมักนั้นแสดงว่ายีสต์ใช้ของแข็งที่ละลายน้ำได้ในรูปน้ำตาลในการเปลี่ยนให้เป็นแอลกอฮอล์ ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณแอลกอฮอล์ที่เพิ่มขึ้นอย่ารวดเร็วในช่วง 10 วันแรกของการหมัก (ภาพที่ 4) และจะลดลงอีกเพียงเล็กน้องหลังจากทำการถ่ายไวน์ครั้งที่ 2 และหลังจากบ่มไวน์ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน 3 เดือน (ภาพที่ 6)



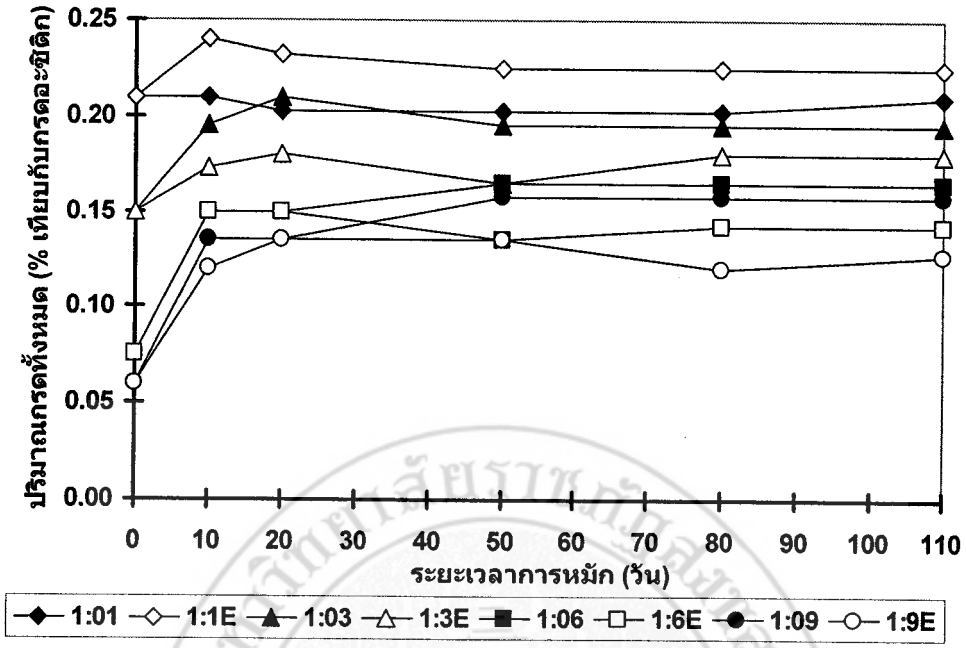
ภาพที่ 6 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในระหว่างการหมักไวน์ลูกหว้าที่อัตราส่วนของลูกหว้าต่อน้ำที่แตกต่างกัน (E ชุดที่มีการเติมเอนไซม์ LALLYME HC ความเข้มข้น 50 พีพีเอ็ม ลงไปร่วมระหว่างการหมักไวน์ลูกหว้า)

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอชในระหว่างการหมักไวน์ลูกหว้าดังแสดงในภาพที่ 7 พบว่าอัตราส่วนลูกหว้าต่อน้ำมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอช เมื่ออัตราส่วนลูกหว้าต่อน้ำมากขึ้นมีผลทำให้ค่าพีเอชลดลงมากขึ้น โดยพบว่าที่อัตราส่วนลูกหว้าต่อน้ำเท่ากับ 1:9 จะทำให้ค่าพีเอชลดลงต่ำสุด คือ 3.00 รองลงมาคือที่อัตราส่วนลูกหว้าเท่ากับ 1:6, 1:3 และ 1:1 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าการเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอชจะลดลงอย่างรวดเร็วใน 10 วันแรกของการหมักไวน์ ทั้งนี้เกิดจากการที่เชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* สายพันธุ์ Burgardy มีการเจริญ และเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นผลิตภัณฑ์อื่นนอกจากแอลกอฮอล์ เช่น กรดอะซิติก กรดแลกติก กรดซักซินิก เป็นต้น ทำให้พีเอชลดลง หลังจากถ่ายไวน์และการบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 3 เดือน พบว่าค่าพีเอชจะคงที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง เมื่อเปรียบการเติมเอนไซม์ LALLYME HC และไม่เติมเอนไซม์ต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอช พบว่าชุดที่มีการเติมเอนไซม์ LALLYME HC พีเอชต่ำกว่าไม่เติมเอนไซม์เล็กน้อย ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเอนไซม์เพคติเนสเกิดการย่อยสลายเพคตินหรือแป้ง แล้วปล่อยหมู่คาร์บอกซิลออกมา (Sreekantiah *et al.*, 1971)



ภาพที่ 7 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชในระหว่างการหมักไวน์ลูกหว้าที่อัตราส่วนของลูกหว้าต่อน้ำที่แตกต่างกัน (E ชุดที่มีการเติมเอนไซม์ LALLYME HC ความเข้มข้น 50 พีพีเอ็ม ลงไปร่วมระหว่างการหมักไวน์ลูกหว้า)

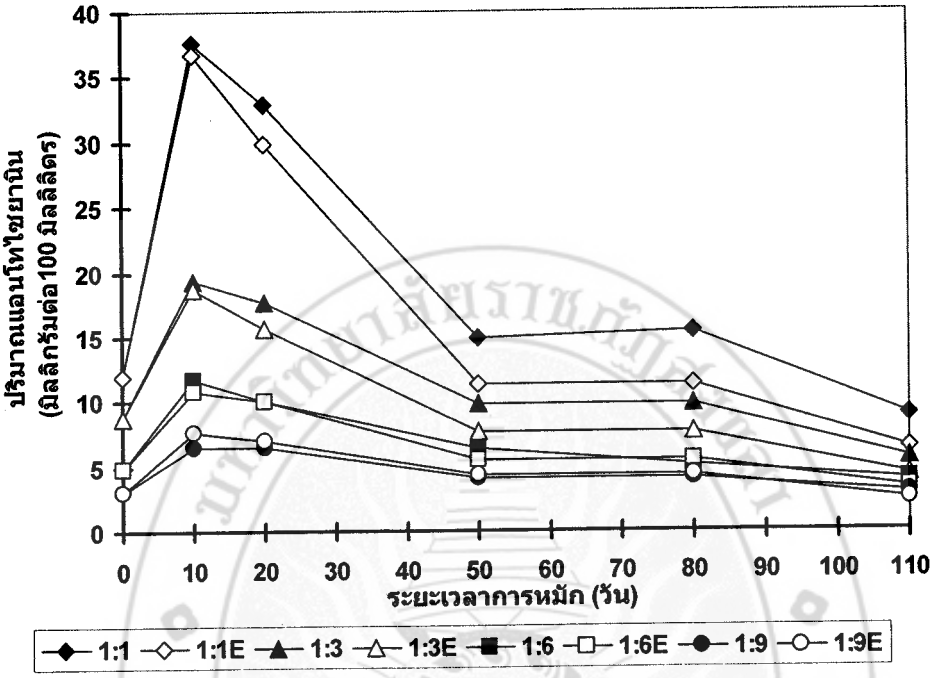
เมื่อพิจารณาเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดในระหว่างการหมักไวน์ลูกหว้า พบว่าอัตราส่วนลูกหว้าต่อน้ำมีผลต่อการเลี่ยนแปลงของปริมาณกรดทั้งหมดในไวน์ โดยเมื่ออัตราส่วนของลูกหว้าต่อน้ำมากขึ้นจะทำให้ได้ปริมาณกรดทั้งหมดลดลงตามไปด้วย ปริมาณกรดที่ได้จากการทดลองจะแปรผกผันกับค่าพีเอช (ภาพที่ 8) ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าไวน์ลูกหว้าที่มีอัตราส่วนลูกหว้าสูงกว่ามีความเป็นบัฟเฟอร์หรือการต้านการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชได้ดีกว่าไวน์ลูกหว้าที่มีอัตราส่วนของลูกหว้าต่ำกว่า (สืบศักดิ์ กลิ่นสอน, 2536)



ภาพที่ 8 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดในระหว่างการหมักไวน์ลูกหว้าที่อัตราส่วนของลูกหว้าต่อน้ำที่แตกต่างกัน (E ชุดที่มีการเติมเอนไซม์ LALLYME HC ความเข้มข้น 50 พีพีเอ็ม ลงไปร่วมระหว่างการหมักไวน์ลูกหว้า)

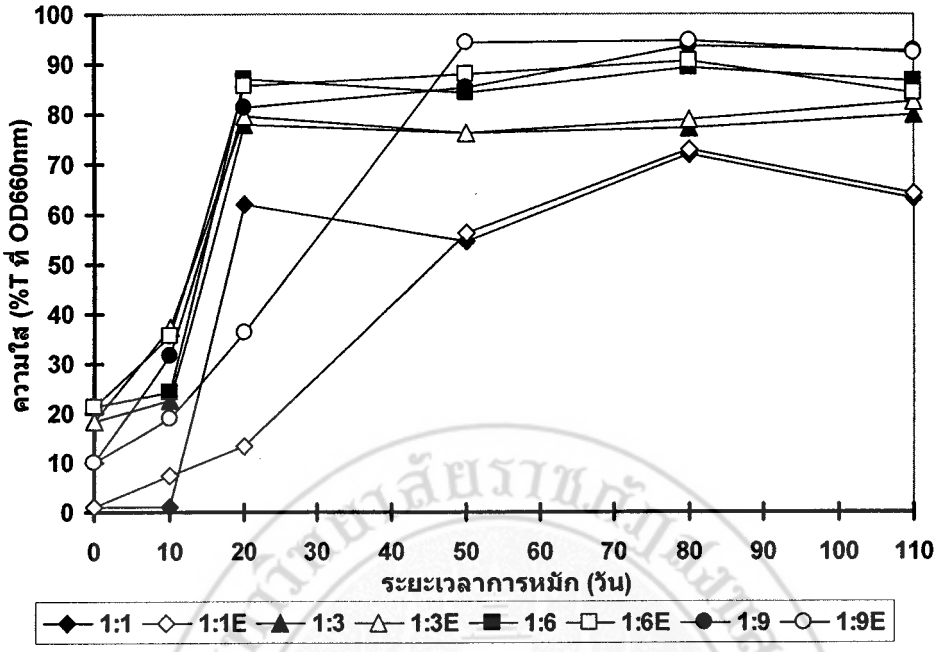
เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแอนโธไซยานินในการหมักไวน์ลูกหว้า พบว่าอัตราส่วนของลูกหว้าต่อน้ำมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณแอนโธไซยานิน โดยอัตราส่วนลูกหว้าต่อน้ำที่สูงขึ้นจะทำให้ได้ปริมาณแอนโธไซยานินที่ลดลง (ภาพที่ 9) ซึ่งเป็นผลจากการเจือจางน้ำลูกหว้า ไวน์ที่มีปริมาณลูกหว้าสูงจะมีปริมาณแอนโธไซยานินสูงตามไปด้วย จากการทดลองพบว่าปริมาณแอนโธไซยานินจะสูงในระยะเวลา 10 วันแรกของกระบวนการหมักไวน์ ทั้งนี้อาจเป็นผลจากแอลกอฮอล์ที่เชื้อยีสต์ผลิตขึ้นมา เพราะแอลกอฮอล์เป็นตัวทำละลายที่ดีชนิดหนึ่ง เมื่อมีแอลกอฮอล์เพิ่มมากขึ้นจึงทำให้แอนโธไซยานินถูกสกัดออกได้มากขึ้นด้วย Lapornik และคณะ (2005) พบว่าแอลกอฮอล์มีคุณสมบัติสกัดสารแอนโธไซยานินออกมาจากลูกเกดแดง และองุ่นได้ดีกว่าการใช้น้ำ โดยที่อัตราส่วนลูกหว้าต่อน้ำ 1:1 จะให้ปริมาณแอนโธไซยานินสูงสุด มีค่าเท่ากับ 37.59 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร (ภาพที่ 9) แต่หลังจากทำการถ่ายไวน์และบ่มไวน์ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 เดือน จะทำให้ปริมาณแอนโทไซนินลดลงได้ โดยปริมาณแอนโธไซยานินลดลงประมาณ 56-82 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เนื่องจากการถ่ายไวน์และการบ่มไวน์ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 เดือน จะทำให้สารประกอบที่แขวนลอยจับตัวกันเองเกิดเป็นอนุภาคที่มีขนาดใหญ่และหนักตกลงมา (Gómez-Plaza *et al.*, 2002) นอกจากนี้การเติมเอนไซม์ LALLYME HC มีผลทำให้ปริมาณแอนโธไซยานินลดลงด้วย เมื่อเทียบกับชุดที่ไม่ได้เติมเอนไซม์ ทั้งนี้อาจเป็นผลของเอนไซม์ไปย่อยสลายแอนโธไซยานิน (Wrolstad *et al.*, 1994) จากการศึกษา

ของ Versari และคณะ (1997) พบว่าหลังจากการเติมเอนไซม์เพคติเนสทางการค้าลงไป 4-6 ชั่วโมง ในน้ำราสเบอรี่จะทำให้ปริมาณแอนโธไซยานินลดลง

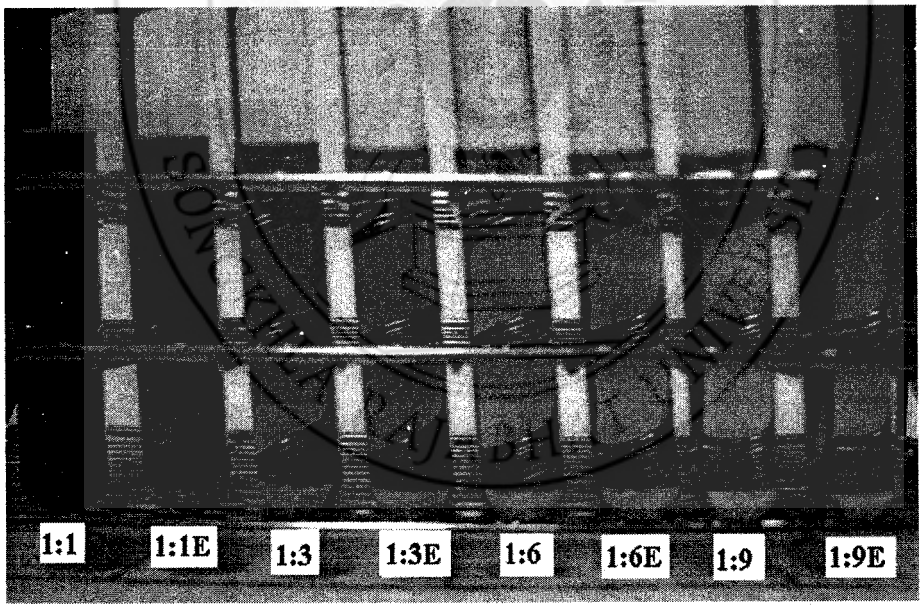


ภาพที่ 9 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอนโธไซยานินในระหว่างการหมักไวน์ลูกหว้าที่อัตราส่วนของลูกหว้าต่อน้ำที่แตกต่างกัน (E ชุดที่มีการเติมเอนไซม์ LALLYME HC ความเข้มข้น 50 พีพีเอ็ม ลงไปร่วมระหว่างการหมักไวน์ลูกหว้า)

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของค่าความใสในการหมักไวน์ลูกหว้า ดังแสดงในภาพที่ 10 พบว่าอัตราส่วนของลูกหว้าต่อน้ำมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความใส โดยเมื่ออัตราส่วนลูกหว้าสูงขึ้นจะทำให้ค่าความใสสูงขึ้น อัตราส่วนลูกหว้ากับน้ำเท่ากับ 1:9 จะให้ค่าความใสสูงสุด มีค่า %T เท่ากับ 92 นอกจากนี้พบว่าการถ่ายไวน์สามารถทำให้ไวน์ใสขึ้นประมาณ 3-8 เท่า หลังจากนั้นเมื่อนำไปบ่มต่อที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 เดือน จะทำให้ไวน์มีความใสขึ้นประมาณ 1-8 เท่า (ภาพที่ 10) ทั้งนี้เป็นผลเช่นเดียวกับการลดลงของปริมาณแอนโธไซยานิน คือ ความเย็นสามารถทำให้สารประกอบที่แขวนลอยจับตัวกันเองเกิดเป็นอนุภาคที่มีขนาดใหญ่ และหนักตกลงมา เป็นผลให้ไวน์มีความใสขึ้น (พงศ์กลม พงศ์สยาม, 2547) นอกจากนี้การถ่ายไวน์ยังช่วยป้องกันการ lysis ตัวเองของเซลล์ยีสต์ ซึ่งจะทำให้ไวน์มีรสชาติเปลี่ยนแปลง (ราณี สุรกาญจน์กุล และคณะ, 2546)



ภาพที่ 10 การเปลี่ยนแปลงค่าความใสในระหว่างการหมักไวน์ลูกหว้าที่อัตราส่วนของลูกหว้าต่อน้ำที่แตกต่างกัน (E ชุดที่มีการเติมเอนไซม์ LALLYME HC ความเข้มข้น 50 พีพีเอ็ม ลงไปร่วมระหว่างการหมักไวน์ลูกหว้า)



ภาพที่ 11 ลักษณะความใสของไวน์ลูกหว้าที่ความเจือจางอัตราส่วนต่าง ๆ (E ชุดที่มีการเติมเอนไซม์ LALLYME HC)

เมื่อพิจารณาการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสโดยการทดสอบการชิมของไวน์ลูกหว้าที่มีอัตราส่วนลูกหว้ากับน้ำที่ระดับต่างๆ และที่เติมเอนไซม์และไม่เติมเอนไซม์ เมื่อบ่มไวน์ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 เดือน โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 3 พบว่าไวน์ลูกหว้าที่ได้รับคะแนนการยอบรับมากที่สุด คือไวน์ที่ใช้อัตราส่วนลูกหว้าต่อน้ำเท่ากับ 1:3 ที่เติมเอนไซม์ LALLYME HC ความเข้มข้น 50 พีพีเอ็ม ลงไปร่วมระหว่างการหมักไวน์ลูกหว้า ซึ่งจะได้รับคะแนนรวมเท่ากับ 11.82 ซึ่งถือว่าเป็นไวน์ที่ยอมรับโดยผู้บริโภค มี defect บ้างเล็กน้อย (ศศิมา เอี่ยมแสงธรรม, 2547) เมื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบชิมไวน์ลูกหว้าระหว่างไวน์ลูกหว้าที่เติมเอนไซม์ และไม่เติมเอนไซม์ (ภาพที่ 12) พบว่าไวน์ลูกหว้าที่เติมเอนไซม์ LALLYME HC ความเข้มข้น 50 พีพีเอ็ม ผู้บริโภคจะให้การยอมรับมากกว่าไวน์ลูกหว้าที่ไม่เติมเอนไซม์ ไม่ว่าจะเป็นด้านความใส สี กลิ่นน้ำส้มสายชู ความเปรี้ยว รสชาติ ความขมหรือความฝาด และความชอบโดยรวม แต่ได้รับความยอมรับน้อยในด้านความหวาน นอกจากนี้ยังพบว่าไวน์ลูกหว้าที่เติมเอนไซม์มีค่าคะแนนรวมสูงกว่าไวน์ลูกหว้าที่ไม่เติมเอนไซม์ (ตารางที่ 3) อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาอัตราส่วนของลูกหว้าต่อน้ำที่เหมาะสมของไวน์ที่ไม่เติมเอนไซม์ (ภาพที่ 13) พบว่าอัตราส่วนของลูกหว้าต่อน้ำเท่ากับ 1:9 ได้รับการยอมรับมากที่สุดเมื่อเทียบกับอัตราส่วนลูกหว้าต่อน้ำที่ระดับอื่นๆ ทั้งนี้เป็นผลมาจากผู้ทดสอบมีประสบการณ์ชิมไวน์ไม่มากนัก จะเห็นได้จากผู้ทดสอบส่วนใหญ่ชอบไวน์ที่มีความหวานสูงสุด และปริมาณแอลกอฮอล์ต่ำสุด และพบว่าอัตราส่วนของลูกหว้าต่อน้ำเท่ากับ 1:9 ให้สีที่จางเกินไป อีกทั้งยังมีกลิ่นน้ำส้มสายชูในระดับแรงปานกลาง ซึ่งเป็นลักษณะของไวน์ที่ไม่ดี ดังนั้นในการคัดเลือกทำไวน์ลูกหว้าเพื่อใช้สำหรับทดลองต่อไปจะเลือกอัตราส่วนลูกหว้าต่อน้ำเท่ากับ 1:3 เนื่องจากได้รับการยอมรับที่ไม่แตกต่างกับที่อัตราส่วนของลูกหว้าต่อน้ำเท่ากับ 1:9

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบชิมไวน์ลูกหว้า โดยผู้ทดสอบชิม 30 คน

	อัตราส่วนของลูกหว้าต่อน้ำ							
	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. บอดี้ (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. ความขมหรือฝาด (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 หมายถึงชุดที่มีเติมเอนไซม์

** คะแนนรวมบอกลักษณะไวน์ดังนี้

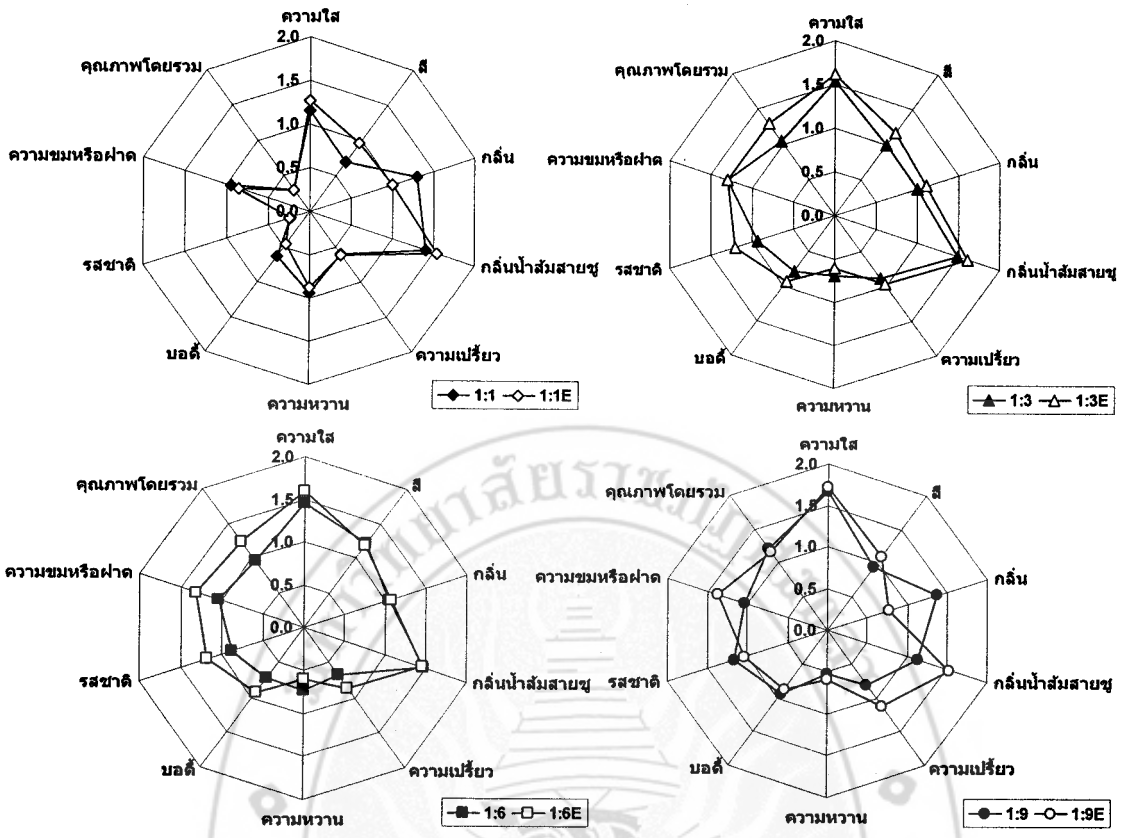
17-20 คะแนน เป็นไวน์ที่มีคุณภาพดีเด่นและไม่มี defect ใดๆ

13-16 คะแนน เป็นไวน์มาตรฐาน ไม่มีอะไรเด่นหรือด้อย (defect)

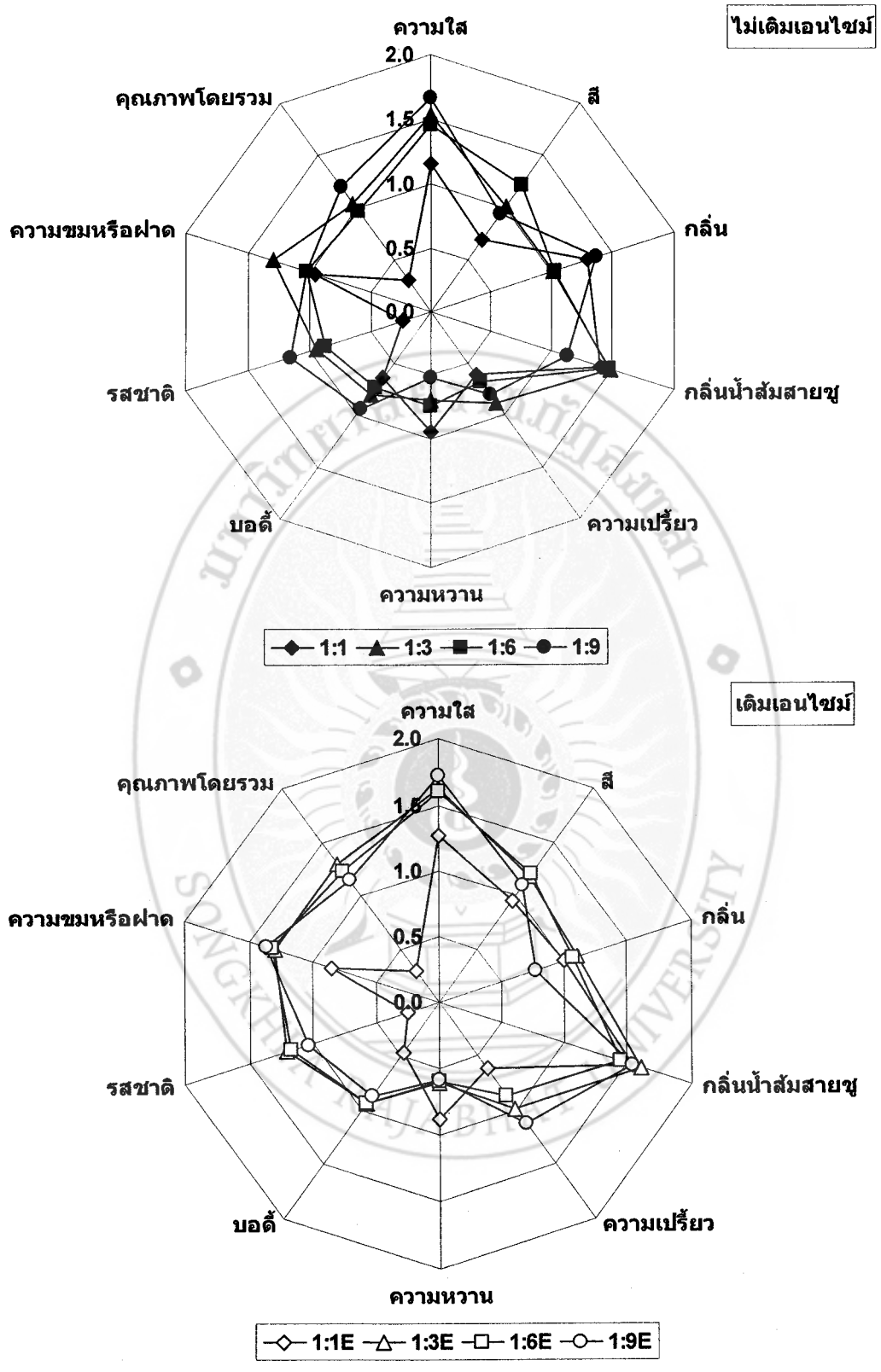
9-12 คะแนน เป็นไวน์ที่ยอมรับโดยผู้บริโภค มี defect บ้างเล็กน้อย

5-8 คะแนน เป็นไวน์ที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับ

1-4 คะแนน เป็นไวน์เสีย



ภาพที่ 12 ภาพใยแมงมุมของผลการทดสอบชิมไวน์ลูกหว้า เปรียบระหว่างการเติม และไม่เติมเอนไซม์



ภาพที่ 13 ภาพใยแมงมุมของผลการทดสอบชิมไวน์ลูกหว้าผ่านการบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 เดือน

3. ผลการศึกษาคุณสมบัติของไวน์มะเม่า ไวน์ลูกหว้า ไวน์มะม่วงหิมพานต์และไวน์กำชำ

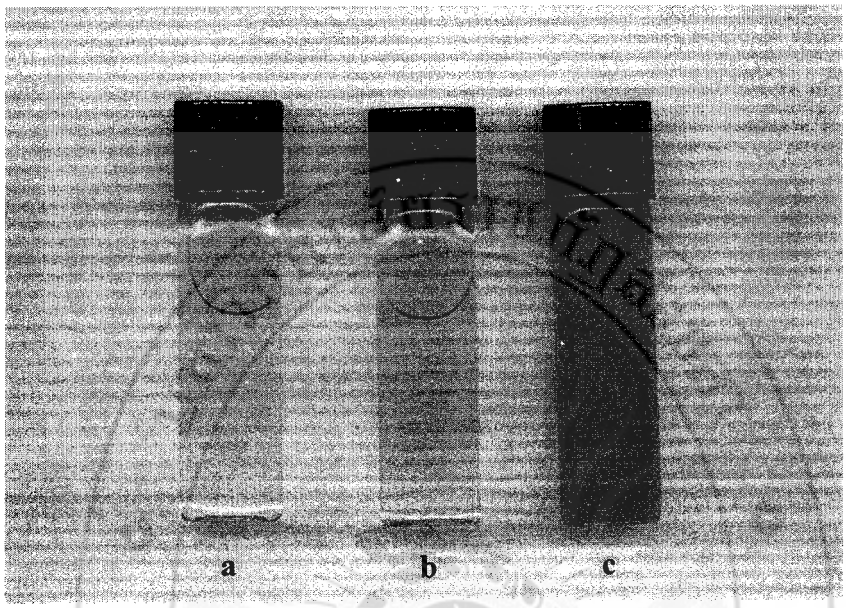
การศึกษาการทำไวน์ผลไม้ให้ใสโดยการใช้เอนไซม์และสารช่วยในการตกตะกอนโดยศึกษาจากไวน์ผลไม้ 4 ชนิดคือ ไวน์มะเม่า ไวน์ลูกหว้า ไวน์มะม่วงหิมพานต์และไวน์กำชำ (มะหวด) ที่ผ่านการหมักมาแล้ว ทำการ rack ลงขวดใหม่แล้วแต่ยังมีความขุ่นอยู่ จากนั้นนำมาศึกษาคุณสมบัติของไวน์ซึ่งให้ค่าต่าง ๆ แตกต่างกันเล็กน้อยตามคุณสมบัติของผลไม้ที่นำมาเป็นวัตถุดิบในการหมักไวน์ โดยไวน์มะเม่ามีพีเอช 4.0 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 5.80 องศาบริกซ์ ปริมาณแอลกอฮอล์ 12% และปริมาณกรดทั้งหมด 0.49% ซึ่งแตกต่างจากรายงานของมานิตย์ ตั้งตระกูล 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% ไวน์ลูกหว้ามีค่าความใสเท่ากับ 80.10% พีเอช 3.35 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 7.6 องศาบริกซ์ ปริมาณแอลกอฮอล์ 11% และปริมาณกรดทั้งหมด 0.20% ในขณะที่ไวน์มะม่วงหิมพานต์และไวน์กำชำมีคุณสมบัติต่าง ๆ ค่อนข้างใกล้เคียงกันซึ่งแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 คุณสมบัติของไวน์มะเม่า ไวน์ลูกหว้า ไวน์มะม่วงหิมพานต์ และไวน์กำชำ

คุณสมบัติ	ไวน์มะเม่า	ไวน์ลูกหว้า	ไวน์มะม่วงหิมพานต์	ไวน์กำชำ
พีเอช	4.00	3.35	3.90	3.52
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ °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 ไวน์มะเม่าที่ได้มีลักษณะสีน้ำตาลอมเหลือง ขุ่นและมีตะกอนมาก ในขณะที่ไวน์มะม่วงหิมพานต์และไวน์กำชำมีลักษณะใสและไม่ตกตะกอนแต่อย่างใด โดยไวน์มะม่วงหิมพานต์จะมีสีเหลืองอ่อน ใส และมีกลิ่นหอมเฉพาะตัว และไวน์กำชำจะมีสีเหลืองอมส้มและใสกว่าไวน์มะม่วงหิมพานต์เล็กน้อย (ภาพที่ 14) เมื่อวัดค่าความใส (% Transmitance) ด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 660 นาโนเมตร พบว่าเปอร์เซ็นต์ความใสของไวน์มะเม่า ไวน์มะม่วงหิมพานต์และไวน์กำชำมีค่า 59.50, 94.77 และ 96.50% ตามลำดับ จากผลการทดลองจะพบว่าทั้งไวน์มะม่วงหิมพานต์และไวน์กำชำมีค่าความ

ใสอยู่ในระดับที่สูงอยู่แล้ว ดังนั้นจึงเลือกเพียงไวน์มะเม่าที่มีความใสน้อยที่สุดมาทำการศึกษาในขั้นตอนต่อไปคือนำมาทำให้ใสโดยการเติมเอนไซม์เพคติเนส เปรียบเทียบกับการเติมสารช่วยในการตกตะกอนอีก 3 ชนิด คือเคซีน เจลลาติน และเบนโตไนท์ และเก็บตัวอย่างไปวิเคราะห์ค่าต่าง ๆ ต่อไป



ภาพที่ 14 ลักษณะความใสของไวน์ที่ทำการทดสอบ (a : ไวน์กำชำ ; b : ไวน์มะม่วงหิมพานต์ ; c : ไวน์มะเม่า)

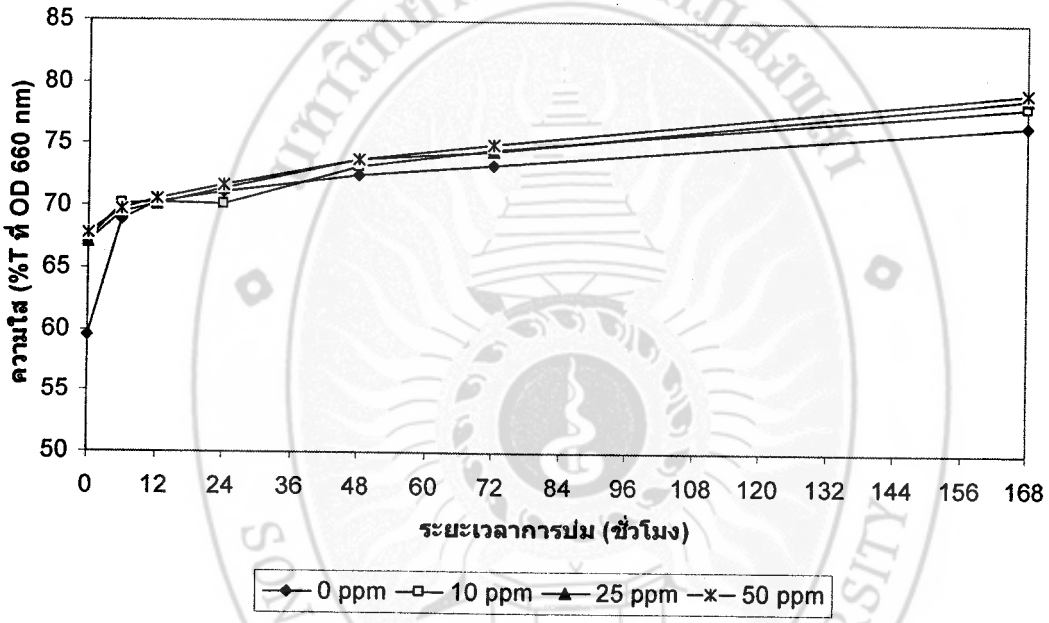
4. ผลของการใช้เพคติเนส และสารช่วยตกตะกอนชนิดอื่นต่อความใสและคุณภาพของไวน์มะเม่า

การศึกษาผลของการทำไวน์มะเม่าให้ใสโดยการใช้เอนไซม์เพคติเนสปริมาณ 0, 10, 25 และ 50 พีพีเอ็ม เปรียบเทียบกับการใช้สารช่วยในการตกตะกอนคือเคซีน 0, 50, 100 และ 5000 พีพีเอ็ม เติมเจลลาติน 0, 10, 50 และ 100 พีพีเอ็ม และเติมเบนโตไนท์ 0, 100, 300 และ 500 พีพีเอ็ม จากนั้นเก็บตัวอย่างที่เวลา 0, 12, 24, 48, 72 และ 168 ชั่วโมง เพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นโดยการวิเคราะห์หาค่าความใส ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ พีเอช ความเป็นกรด ปริมาณสารแอนโธไซยานิน และวัดค่าแอลกอฮอร์ที่เวลาเริ่มต้นและสิ้นสุดการทดลอง

การเปลี่ยนแปลงค่าความใสของไวน์มะเม่า

ไวน์มะเม่าที่ศึกษามีความใสเริ่มต้นที่ประมาณ 59.5% ซึ่งมีลักษณะขุ่นและมีตะกอนแขวนลอยอยู่ค่อนข้างมาก เมื่อทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าความใสโดยการใช้เอนไซม์เพคติเนสและสารช่วยในการตกตะกอนที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ได้ผลดังภาพที่ 15 พบว่าการใช้

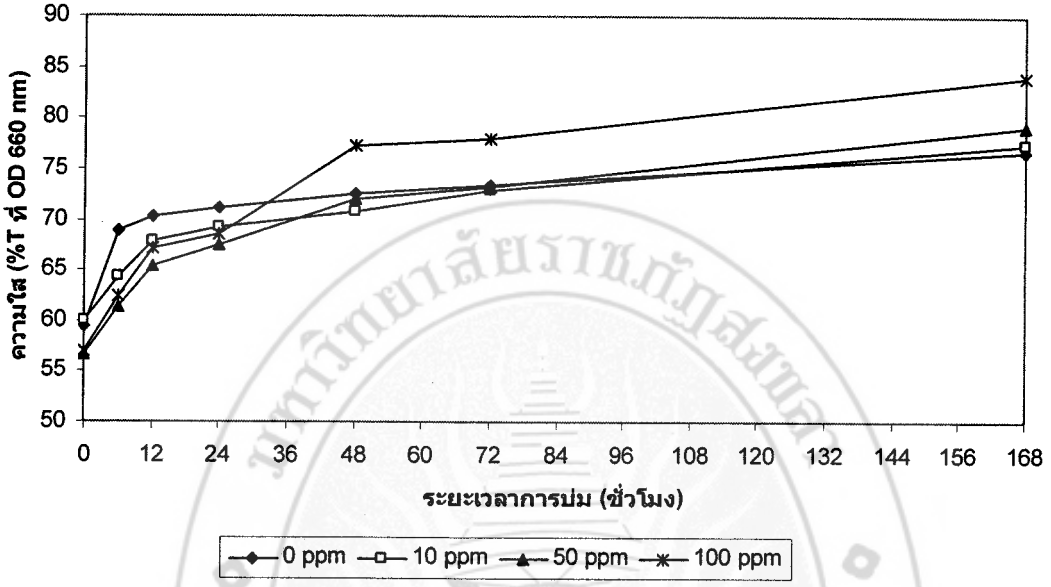
เอนไซม์เพคติเนสสามารถทำให้ไวน์มะเม่าใสขึ้นได้ โดยเมื่อเริ่มการทดลองไวน์มะเม่าที่เติมเอนไซม์เพคติเนสมีความใสขึ้นเป็น 67% และมีความใสเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการบ่มผ่านไปซึ่งเมื่อสิ้นสุดการทดลองที่เวลาการบ่ม 168 ชั่วโมง พบว่า ตัวอย่างไวน์ที่เติมเอนไซม์เพคติเนสที่ความเข้มข้น 50 พีพีเอ็ม มีความใสมากที่สุด คือ 79.4% รองลงมาคือ ไวน์ที่เติมเอนไซม์เพคติเนสที่ความเข้มข้น 25 พีพีเอ็ม มีความใส 79.1% และไวน์ที่เติมไวน์ที่เติมเอนไซม์เพคติเนสที่ความเข้มข้น 10 พีพีเอ็ม มีความใสอยู่ที่ 78.6% ในขณะที่ไวน์มะเม่าที่ไม่มีการเติมเอนไซม์มีความใสเป็น 77.4% ซึ่งไวน์มะเม่าทุกชุดการทดลองมีความใสเพิ่มขึ้นจากชั่วโมงเริ่มต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่อย่างไรก็ตามเมื่อทำการเปรียบเทียบที่ชั่วโมงสุดท้ายของการทดลองพบว่าค่าความใสของไวน์ทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)



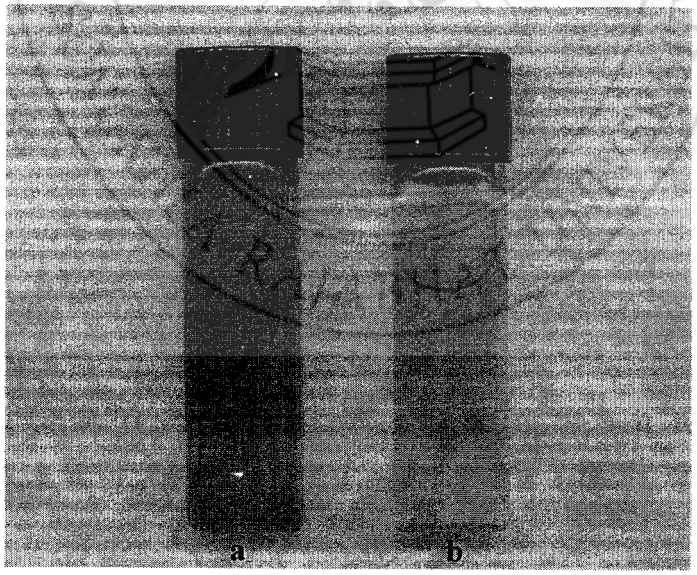
ภาพที่ 15 การเปลี่ยนแปลงค่าความใสในระหว่างการบ่มไวน์มะเม่าที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเอนไซม์เพคติเนสที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

เมื่อพิจารณาถึงค่าความใสของไวน์มะเม่าที่ผ่านการทำให้ใสโดยการใช้เจลลาตินเป็นสารตกตะกอน พบว่า ความเข้มข้นของเจลลาตินมีผลต่อความใสของไวน์มะเม่าที่ได้ โดยตัวอย่างไวน์ที่ใช้เจลลาตินที่ความเข้มข้น 100 พีพีเอ็ม มีความใสที่สุดคือ 84% รองลงมาคือ ไวน์ที่ใช้เจลลาตินที่ความเข้มข้น 50 พีพีเอ็ม มีความใส 77.9% ในขณะที่ไวน์ที่เติมเจลลาตินความเข้มข้น 10 พีพีเอ็ม มีค่าความใสอยู่ที่ 77.7% ซึ่งสูงกว่าไวน์ที่ไม่มีการเติมเจลลาตินที่มีความใส 77.4% ที่เวลาการบ่มผ่านไป 168 ชั่วโมง ซึ่งค่าความใสเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความใสที่เวลาเริ่มต้นการทดลอง และจากภาพที่ 16 จะเห็นได้ว่าค่าความใสของไวน์ทุกชุดการทดลองมีการเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อระยะเวลาการบ่มเพิ่มขึ้น และที่เวลาการบ่มผ่านไป 48 ชั่วโมงจะสังเกตเห็นว่าไวน์ที่เติมเจลลาตินที่ความเข้มข้น 100 พีพีเอ็มเริ่มมีค่าความใสสูงขึ้นกว่าการทดลองอื่นอย่างเห็น

ได้ชัด แต่เมื่อสิ้นสุดการทดลองแล้วพบว่าแม้ค่าความใสของไวน์ที่เติมสารเจลลาตินจะสูงกว่าไวน์ที่ไม่มีการเติมเจลลาตินก็ตาม แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) ของค่าความใสของไวน์ในแต่ละชุดการทดลอง

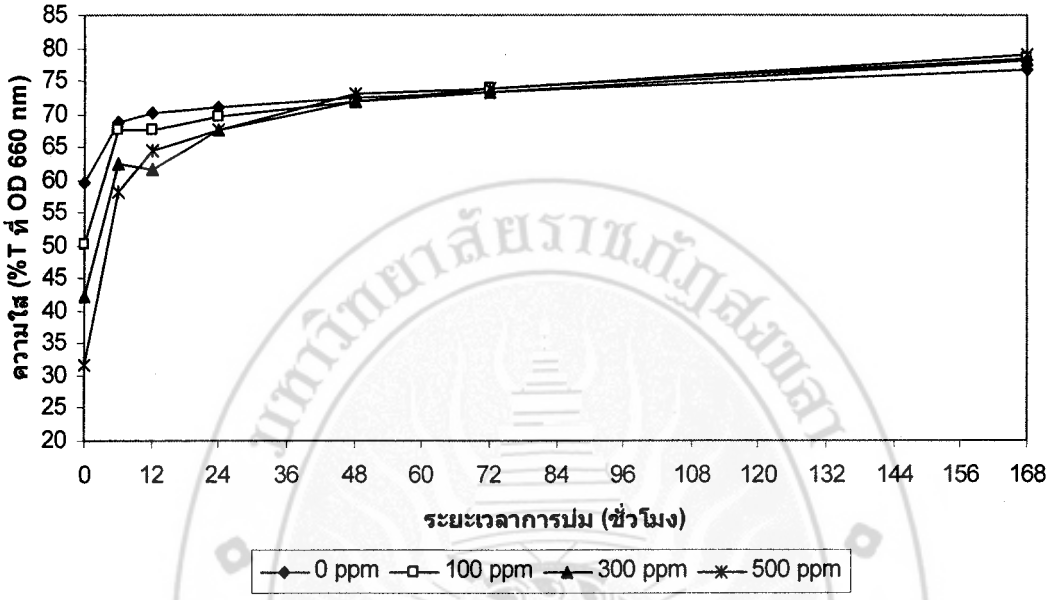


ภาพที่ 16 การเปลี่ยนแปลงค่าความใสในระหว่างการบ่มไวน์มะเม่าที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเจลลาตินที่ความเข้มข้นต่าง ๆ



ภาพที่ 17 ลักษณะความใสของไวน์มะเม่า (a : ก่อนการทำให้ใส , b : หลังการทำให้ใสด้วยเจลลาตินที่ความเข้มข้น 100 พีพีเอ็ม)

เบนโตไนท์เป็นสารที่มีคุณสมบัติในการตกตะกอนโปรตีนได้ เมื่อเติมลงในไวน์จึงเป็นสารที่ช่วยให้ไวน์มีความใสขึ้น ซึ่งเมื่อทำการศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงค่าความใสของไวน์มะเม่าโดยการเติมเบนโตไนท์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ได้ผลดังภาพที่ 18

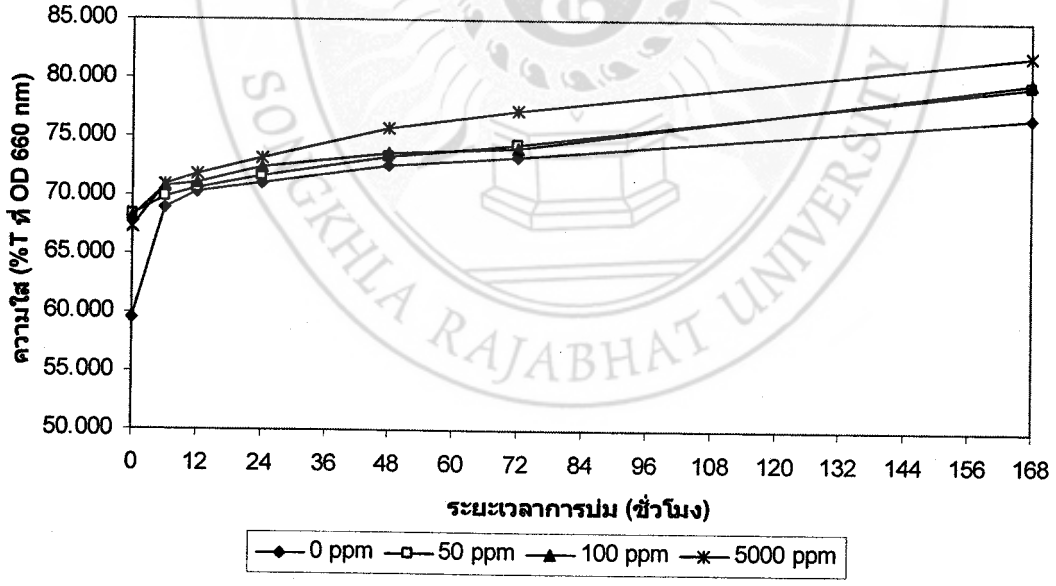


ภาพที่ 18 การเปลี่ยนแปลงค่าความใสในระหว่างการบ่มไวน์มะเม่าที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเบนโตไนท์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

จากภาพที่ 18 พบว่าในเวลาเริ่มต้นของการทดลองค่าความใสของไวน์ที่เติมสารเบนโตไนท์ที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นจะมีค่าความใสลดลงตามความเข้มข้นของเบนโตไนท์ที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากเบนโตไนท์เป็นสารที่เมื่อละลายน้ำแล้วจะมีความขุ่นสูงเนื่องจากความสามารถในการละลายที่ต่ำ ไวน์ที่เติมเบนโตไนท์จึงมีความขุ่นสูงกว่าไวน์ที่ไม่มีการเติมสารใด ๆ ลงไป แต่เมื่อการทดลองผ่านไป 6 ชั่วโมง พบว่า ความใสของไวน์ที่เติมเบนโตไนท์มีค่าเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามยังมีค่าน้อยกว่าไวน์ที่ไม่มีการเติมสารใด เมื่อการทดลองผ่านไป 48 ชั่วโมงพบว่าค่าความใสของไวน์ที่เติมและไม่เติมสารเบนโตไนท์มีค่าความใสใกล้เคียงกันมากคือมีค่าความใสอยู่ที่ประมาณ 72% แต่เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า ไวน์ที่เติมเบนโตไนท์มีค่าความใสสูงกว่าไวน์ที่ไม่มีการเติมสารช่วยตกตะกอน โดยไวน์มะเม่าที่เติมเบนโตไนท์ที่ความเข้มข้น 500 พีพีเอ็ม มีค่าความใสสูงที่สุดคือ 79.2% รองลงมาคือ ไวน์มะเม่าที่เติมเบนโตไนท์ที่ความเข้มข้น 100 พีพีเอ็ม มีค่าความใส 78.8% และไวน์ที่เติมเบนโตไนท์ที่ความเข้มข้น 100 พีพีเอ็ม มีค่าความใส 78.3% ซึ่งมีค่าสูงกว่าไวน์ที่ไม่เติมเบนโตไนท์ที่มีค่าความใสเป็น 77.4% อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าความใสของไวน์ในชุดต่าง ๆ ที่เวลาสิ้นสุดการทดลอง ซึ่งการทดลองนี้

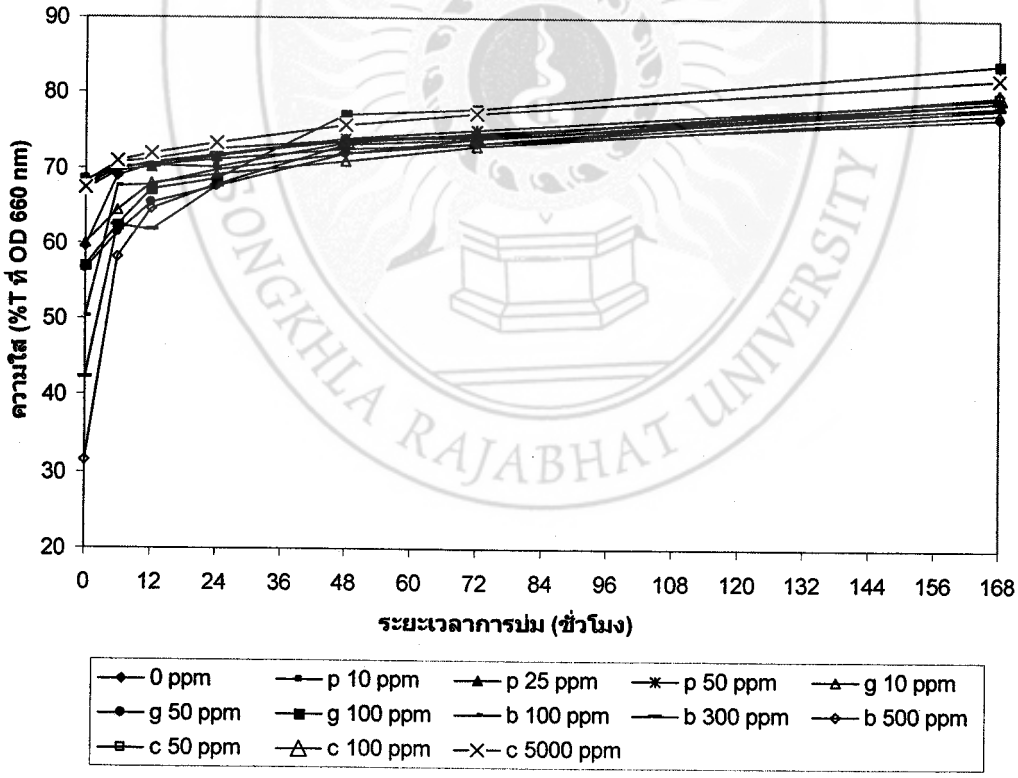
สอดคล้องกับรายงานของ Gökmen and Serpen (2002) และ Koyuncu และคณะ (2007) พบว่าประสิทธิภาพในการดูดซับ dark-coloured compound ในน้ำแอปเปิ้ลของเบนโตไนท์เพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของเบนโตไนต์ เนื่องจากพื้นผิวการดูดซับของเบนโตไนท์เพิ่มขึ้นนั่นเอง ดังนั้นน้ำแอปเปิ้ลที่เติมเบนโตไนท์ที่ความเข้มข้นสูงจึงใสกว่าตัวอย่างน้ำแอปเปิ้ลที่เติมเบนโตไนท์ที่ความเข้มข้นต่ำกว่า

ไวน์มะเม่าที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเคซีนที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ได้ผลดังภาพที่ 19 พบว่าความใสของไวน์จะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการบ่มเพิ่มขึ้นซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่เมื่อพิจารณาที่เวลาการบ่มเดียวกันพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ของไวน์ในชุดการทดลองต่าง ๆ ถึงแม้จะไม่พบความแตกต่างทางสถิติแต่ พบว่า การเติมเคซีนลงไปในไวน์มะเม่าสามารถทำให้ไวน์ใสขึ้นได้เร็วขึ้นกว่าไวน์ที่ไม่มีการเติมสารใดลงไป เมื่อทำการเปรียบเทียบความสามารถในการทำให้ไวน์ใสของเคซีนที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่เวลาสิ้นสุดการทดลอง พบว่า การใช้เคซีนที่ความเข้มข้น 5000 พีพีเอ็ม ทำให้ไวน์มีค่าความใสสูงที่สุด คือ 82.1% รองลงมาคือ ไวน์ที่เติมเคซีนที่ความเข้มข้น 50 และ 100 พีพีเอ็ม ซึ่งไวน์ที่เติมสารที่ความเข้มข้นทั้งสองความเข้มข้นมีค่าความใสเท่ากันคือ 79.8% ในขณะที่ไวน์ในชุดควบคุมมีค่าความใสอยู่ที่ 77.4% เท่านั้น



ภาพที่ 19 การเปลี่ยนแปลงค่าความใสในระหว่างการบ่มไวน์มะเม่าที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเคซีนที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

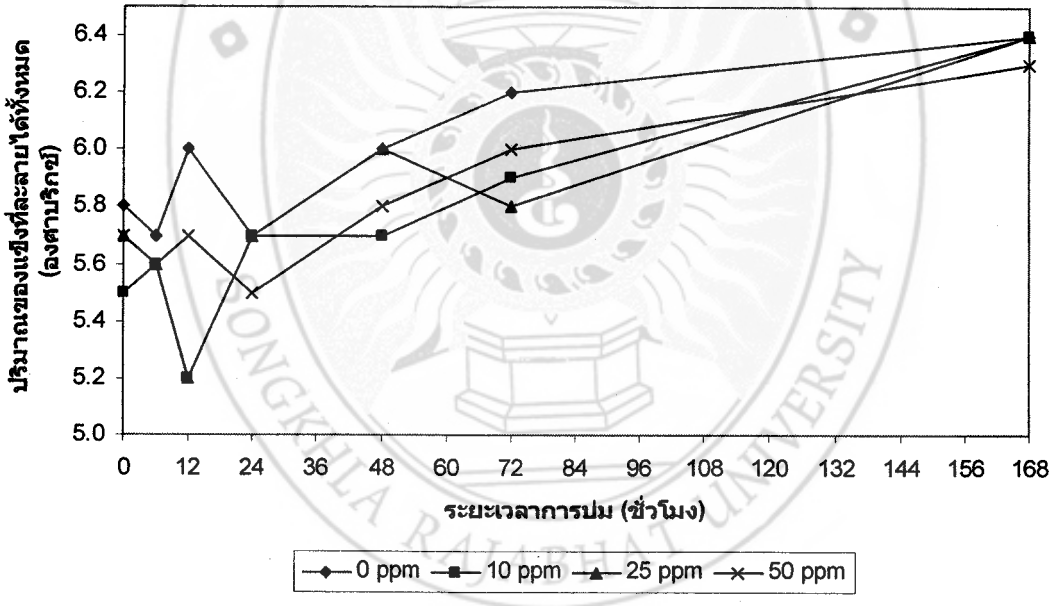
เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่าความใสในระหว่างการบ่มไวน์มะเม่าที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเอนไซม์และสารช่วยในการตกตะกอนที่ความเข้มข้นต่าง ๆ พบว่า การเติมเอนไซม์และสารช่วยตกตะกอนสามารถทำให้ไวน์มะเม่าใสได้เร็วและมีความใสมากขึ้นกว่าการที่ไม่มีการเติมสารใดลงไปในระหว่างการบ่มในระยะเวลาเท่ากัน จากภาพที่ 20 เห็นได้ว่าเมื่อระยะเวลาการบ่มเพิ่มขึ้นไวน์มะเม่าจะมีค่าความใสเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน โดยเมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ระยะเวลาการบ่ม 168 ชั่วโมงนั้น ไวน์ที่มีค่าความใสสูงที่สุดคือ ไวน์ที่เติมเจลลาตินที่ความเข้มข้น 100 พีพีเอ็ม รองลงมาคือ ไวน์ที่เติมเคซีนที่ความเข้มข้น 5000 พีพีเอ็ม ซึ่งมีค่าความใส 84% และ 82.1% ตามลำดับ และไวน์ที่มีค่าความใสต่ำที่สุดในชุดการทดลองที่มีการเติมสารช่วยตกตะกอนคือไวน์ที่เติมเจลลาตินที่ความเข้มข้น 10 พีพีเอ็ม ค่าความใส คือ 77.7% แต่ยังมีค่าความใสสูงกว่าไวน์ที่ไม่มีการเติมสารใด ๆ ที่มีค่าความใสที่ 77.4% และเมื่อพิจารณาค่าความใสของไวน์ที่ชั่วโมงต่าง ๆ พบว่าเมื่อระยะเวลาการบ่มเพิ่มขึ้นความใสของไวน์มีค่าเพิ่มขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบค่าความใสของไวน์เมื่อระยะเวลาสิ้นสุดการทดลองลองพบว่าไวน์ที่ใช้สารช่วยตกตะกอนแต่ละชนิดที่ความเข้มข้นต่าง ๆ มีค่าความใสไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)



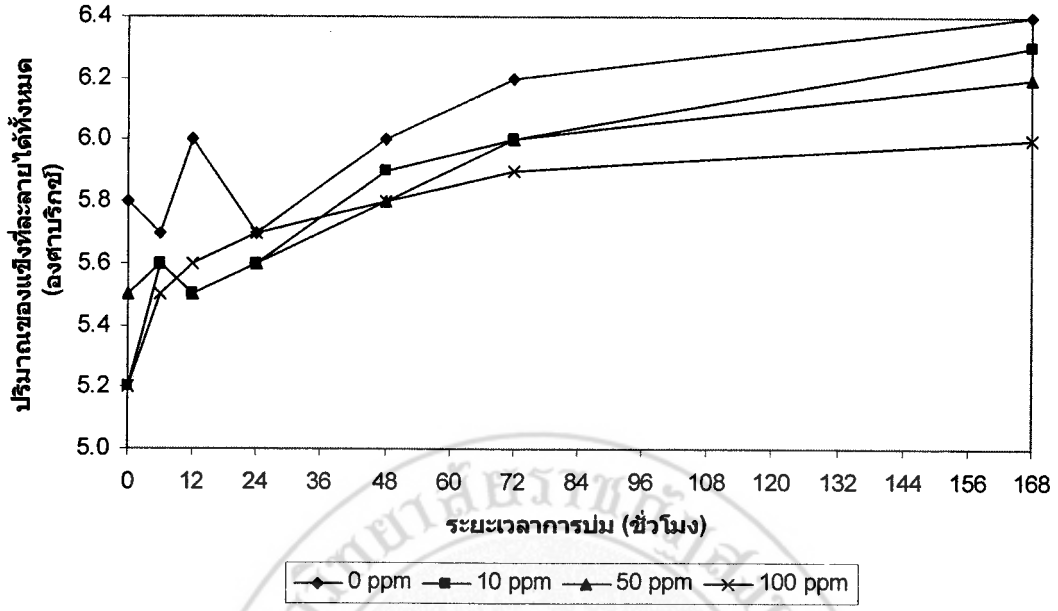
ภาพที่ 20 การเปลี่ยนแปลงค่าความใสในระหว่างการบ่มไวน์มะเม่าที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเอนไซม์และสารช่วยในการตกตะกอนที่ความเข้มข้นต่าง ๆ (p : pectinase, g : gelatin, b : bentonite และ c : casein)

การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในไวน์มะเม่า

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในการบ่มไวน์มะเม่าหลังจากการเติมเอนไซม์และสารช่วยตกตะกอน พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีปริมาณเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อระยะเวลาการบ่มเพิ่มขึ้น ทั้งในตัวอย่างไวน์มะเม่าที่เติมและไม่เติมเอนไซม์เพคติเนส (ภาพที่ 21) โดยที่เวลาสิ้นสุดการทดลองพบว่าในตัวอย่างไวน์ที่เติมเอนไซม์เพคติเนสที่ความเข้มข้น 50 พีพีเอ็ม มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่ำกว่าในตัวอย่างอื่นเล็กน้อย ซึ่งผลการทดลองเป็นไปในทางเดียวกับชุดการทดลองที่ทำการเติมสารเจลลาตินที่ความเข้มข้นต่าง ๆ (ภาพที่ 22) ซึ่งพบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการบ่มเพิ่มขึ้นเช่นกัน แต่ตัวอย่างไวน์ที่ไม่มีการเติมเจลลาตินมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ มีค่าต่ำกว่าในชุดการทดลองที่ไม่มีการเติมเจลลาตินลงไป โดยที่เวลาสิ้นสุดการทดลองพบว่าเมื่อความเข้มข้นของเจลลาตินเพิ่มขึ้นปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดจะมีค่าลดลงเช่นกัน

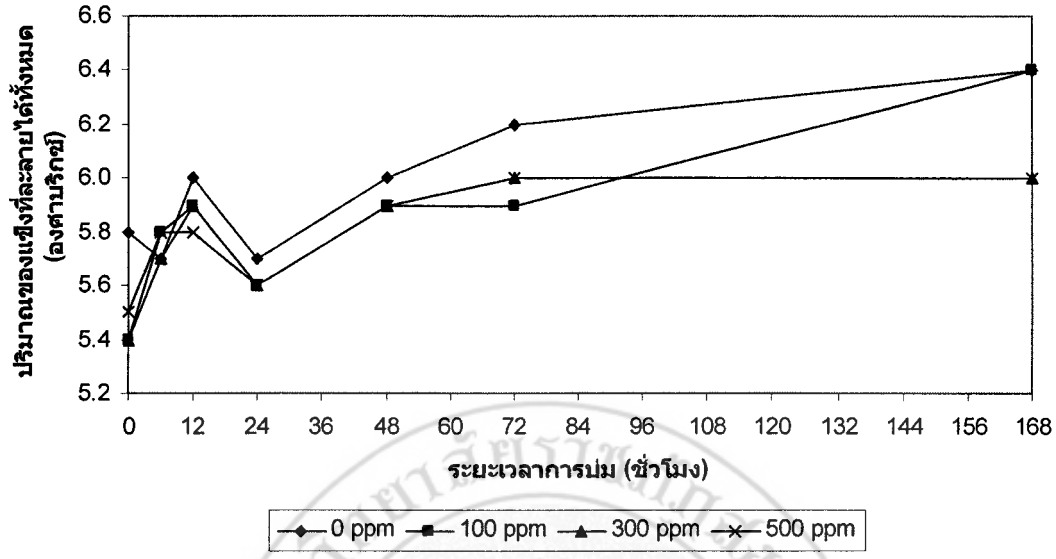


ภาพที่ 21 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในระหว่างการบ่มไวน์มะเม่าที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเอนไซม์เพคติเนสที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

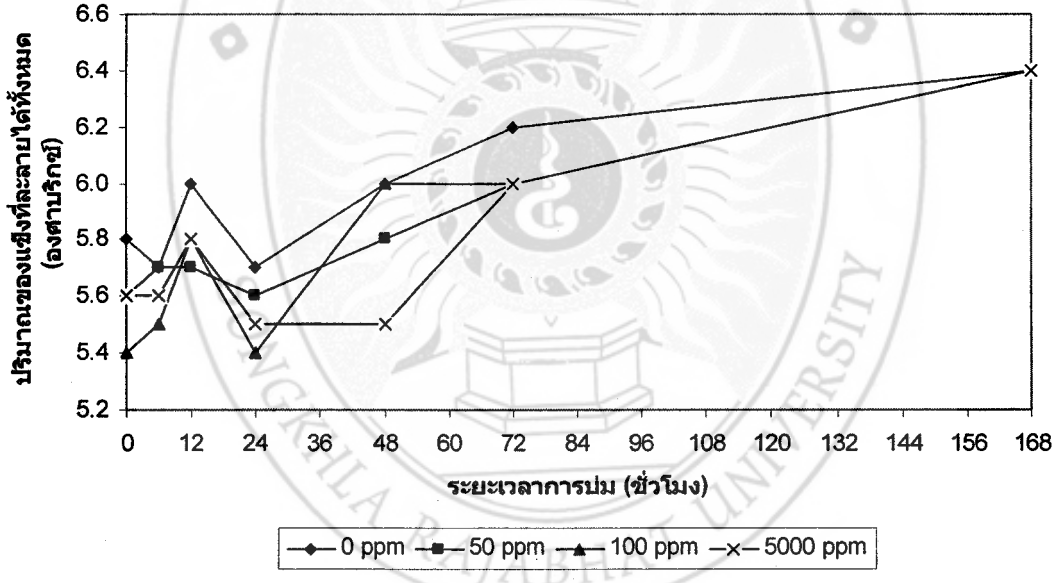


ภาพที่ 22 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในระหว่างการบ่มไวน์มะเม่าที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเจลลาตินที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในไวน์มะเม่าที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเบนโตไนท์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ หลังจากระยะเวลาการบ่มผ่านไป 168 ชั่วโมง พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการบ่มเพิ่มขึ้น ทั้งในตัวอย่างไวน์มะเม่าที่เติมและไม่เติมเบนโตไนท์ โดยชุดการทดลองที่เติมเบนโตไนท์ที่ความเข้มข้น 300 และ 500 พีพีเอ็มมีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากัน ในขณะที่ตัวอย่างไวน์ที่ไม่เติมและเติมเบนโตไนท์ที่ความเข้มข้น 100 พีพีเอ็ม มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากันและมีค่าสูงกว่าในสองตัวอย่างแรกข้างต้น (ภาพที่ 23) และเมื่อพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในไวน์มะเม่าที่ใช้เคซีนเป็นสารช่วยในการตกตะกอน (ภาพที่ 24) พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายทั้งหมดมีค่าสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาการบ่มเพิ่มขึ้น ซึ่งการทดลองให้ผลในแนวเดียวกับชุดการทดลองที่ทำการเติมสารชนิดอื่น ๆ แต่มีความแตกต่างกันที่เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายทั้งหมดในตัวอย่างไวน์ที่ไม่มีการเติมเคซีนและเติมเคซีนที่ความเข้มข้นต่าง ๆ มีค่าเท่ากัน



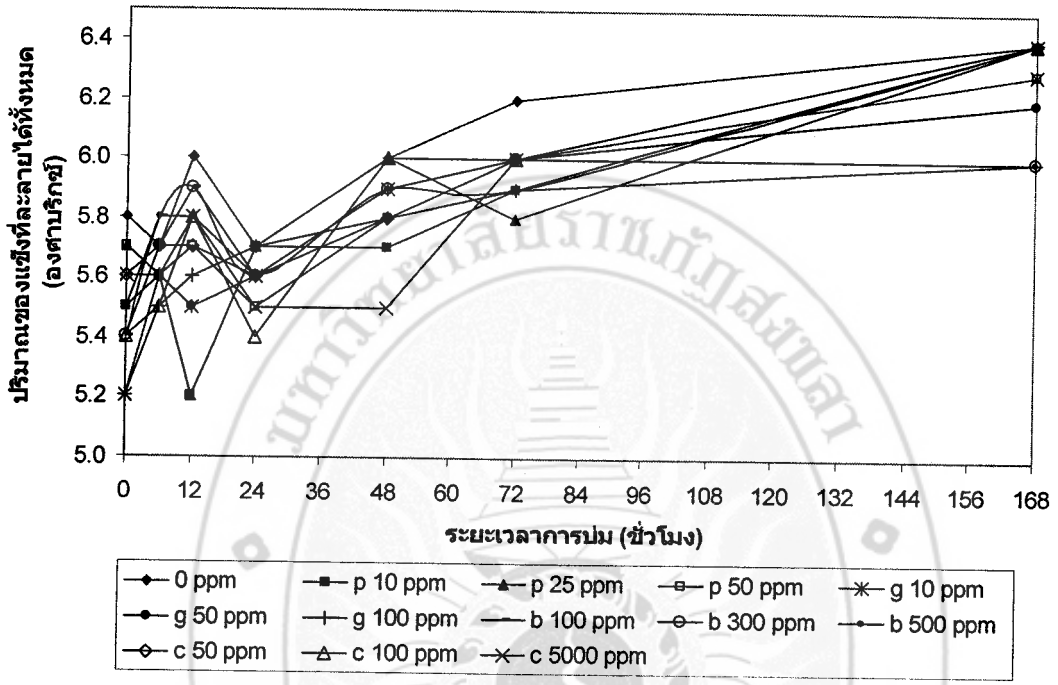
ภาพที่ 23 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในระหว่างการบ่มไวน์มะเม่าที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเบนโตไนท์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ



ภาพที่ 24 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในระหว่างการบ่มไวน์มะเม่าที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเคซีนที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในไวน์มะเม่าที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเอนไซม์เพคติเนสและสารช่วยในการตกตะกอนที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ดังแสดงในภาพที่ 25 พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการบ่มเพิ่มขึ้น ซึ่งผลการทดลองเป็นไปในแนวเดียวกันทั้งในตัวอย่างไวน์มะเม่าที่เติมและไม่เติมสารใดเลย จากผลการทดลองไม่มีตัวอย่างไวน์ใดที่มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดสูงกว่าตัวอย่างไวน์ในชุด

ควบคุมที่ไม่มีการเติมเอนไซม์หรือสารช่วยตกตะกอน โดยตัวอย่างไวน์ที่เติมเจลลาตินความเข้มข้น 100 พีพีเอ็ม และเบนโตไนท์ที่ความเข้มข้น 300 และ 500 พีพีเอ็มมีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่ำที่สุดคือ 6.0 องศาบริกซ์ ในขณะที่ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในไวน์มะเม่าที่เติมเอนไซม์เพคติเนส เจลลาติน และเคซีนมีค่าใกล้เคียงกัน

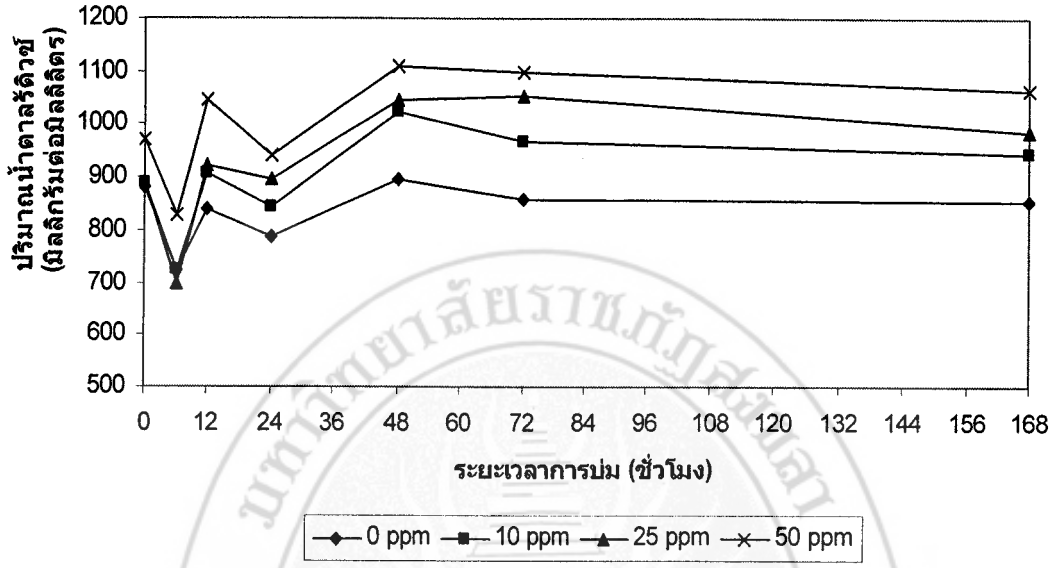


ภาพที่ 25 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในระหว่างการบ่มไวน์มะเม่าที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเอนไซม์และสารช่วยในการตกตะกอนที่ความเข้มข้นต่าง ๆ (p : pectinase, g : gelatin, b : bentonite และ c : casein)

การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

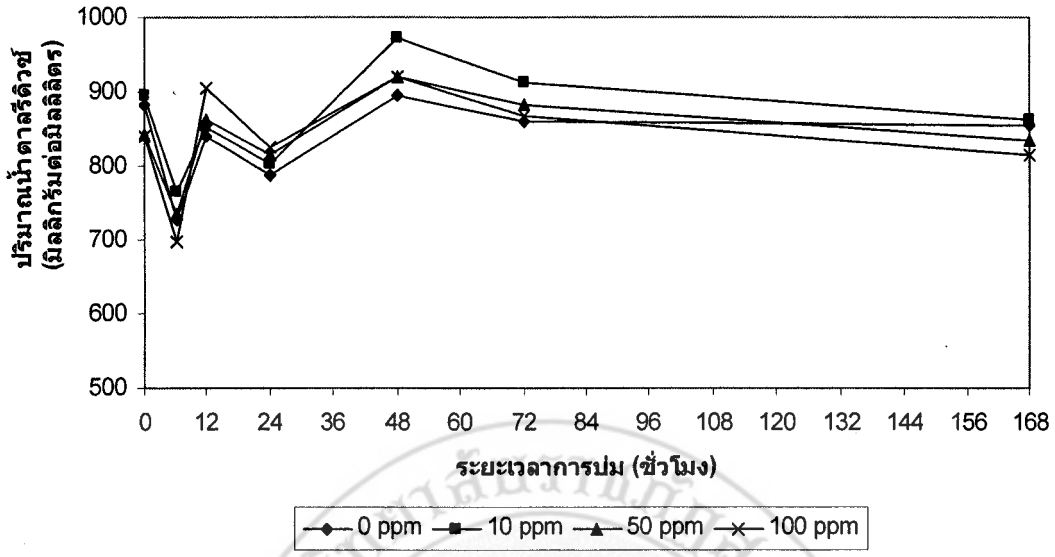
เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ภายในไวน์มะเม่าหลังจากการเติมเอนไซม์เพคติเนส พบว่าเมื่อระยะเวลาการหมักผ่านไป 6 ชั่วโมงปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ลดลงเล็กน้อย และจะเพิ่มขึ้นเมื่อการบ่มผ่านไป 12 ชั่วโมง จากนั้นเมื่อการบ่มผ่านไป 48 ชั่วโมง ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์จะค่อนข้างคงที่ จากระยะเวลาการบ่มทั้งหมด 168 ชั่วโมง พบว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มีการเปลี่ยนแปลงโดยเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากเมื่อเริ่มการทดลอง ซึ่งในตัวอย่างไวน์ที่เติมเอนไซม์เพคติเนสความเข้มข้น 50 พีพีเอ็ม มีค่าน้ำตาลรีดิวซ์สูงสุด รองลงมาคือตัวอย่างไวน์ที่เติมเอนไซม์เพคติเนสความเข้มข้น 25 พีพีเอ็ม 10 พีพีเอ็ม และตัวอย่างไวน์ที่ไม่เติมเอนไซม์เพคติเนส ตามลำดับ (ภาพที่ 26) เมื่อยิ่งความเข้มข้นของเอนไซม์เพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงขึ้นด้วยเช่นกัน ทั้งนี้มีรายงานว่าการใช้เอนไซม์เพคติเนสเติมลงในน้ำผลไม้สามารถทำให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในน้ำผลไม้

นั้นเพิ่มขึ้นได้ เนื่องจากเอนไซม์เพคติเนสที่เติมลงไปจะไปย่อยแป้งที่มีในน้ำผลไม้ทำให้ได้น้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มขึ้นเล็กน้อย (Sreekantiah *et al.*, 1971)



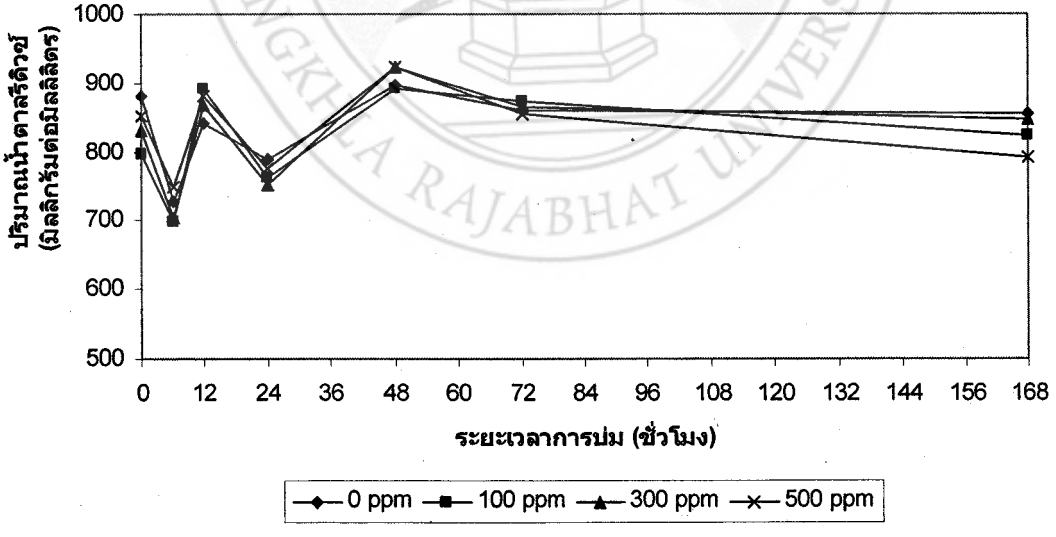
ภาพที่ 26 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในระหว่างการบ่มไวน์มะเม่าที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเอนไซม์เพคติเนสที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของไวน์มะเม่าที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเจลลาตินที่ความเข้มข้นต่าง ๆ (ภาพที่ 27) พบว่า ในช่วงแรกปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงเล็กน้อย แต่เมื่อระยะเวลาการบ่มผ่านไปพบว่าค่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เริ่มมีความคงที่ นอกจากนี้ยังพบว่าที่ความเข้มข้นของเจลลาตินต่างกันแต่การเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มีแนวโน้มเดียวกันและมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย และพบว่าไวน์ที่เติมเจลลาตินที่ความเข้มข้นของต่ำที่สุดคือ 10 พีพีเอ็ม มีค่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงที่สุด และจะลดลงเมื่อความเข้มข้นของเจลลาตินเพิ่มขึ้น

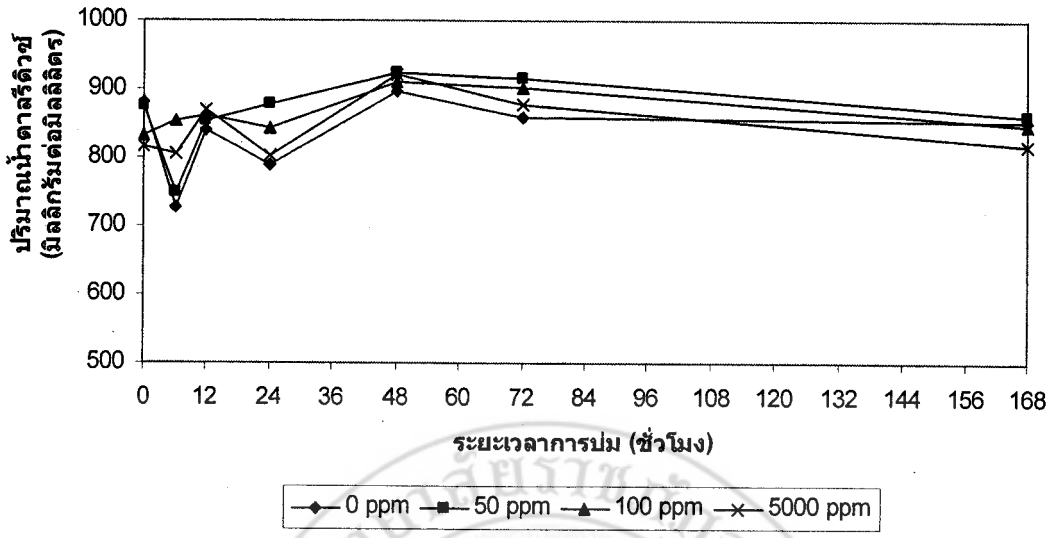


ภาพที่ 27 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในระหว่างการบ่มไวน์มะเม่าที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเจลลาตินที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ภายในตัวอย่างไวน์มะเม่าที่เติมสารเติมเบนโตไนท์ (ภาพที่ 28) และเคซีน (ภาพที่ 29) พบว่า ค่าของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากและมีแนวโน้มเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ ที่ระยะเวลาการบ่ม 6 ชั่วโมง ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มีการลดลงเล็กน้อยและปรับขึ้นเมื่อเวลาการบ่มเพิ่มขึ้นเป็น 12 ชั่วโมง จากนั้นมีการลดลงอีกเล็กน้อย และเริ่มมีค่าคงที่เมื่อระยะเวลาการบ่มผ่านไป 48 ชั่วโมง

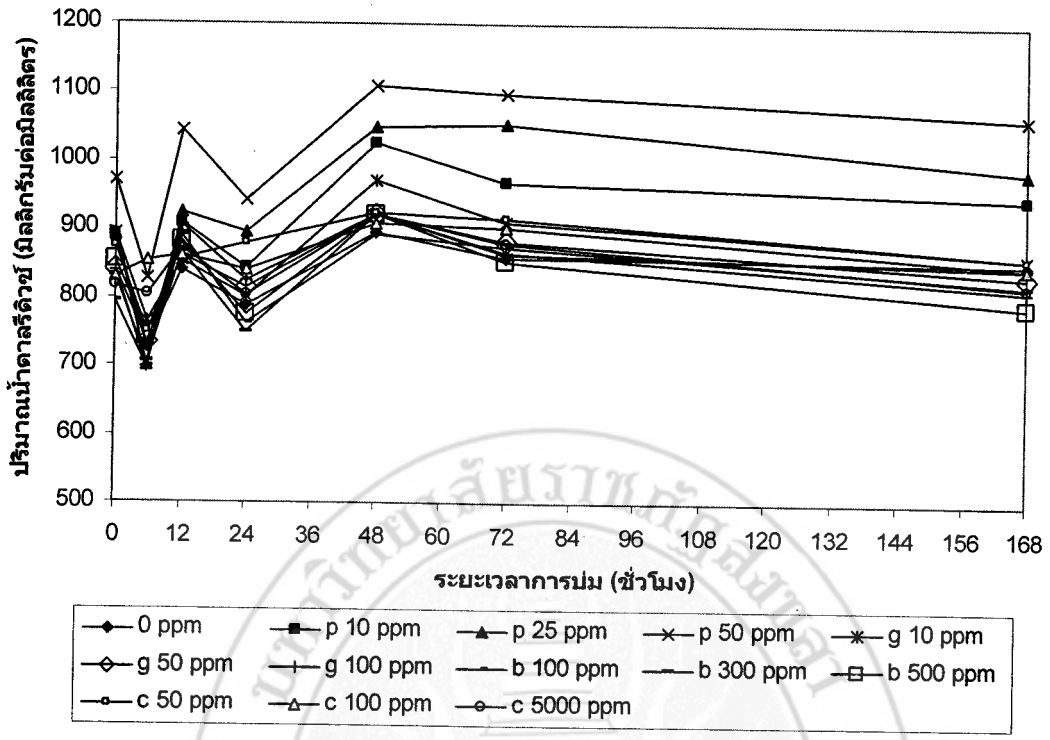


ภาพที่ 28 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในระหว่างการบ่มไวน์มะเม่าที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเบนโตไนท์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ



ภาพที่ 29 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในระหว่างการบ่มไวน์มะเม่าที่ผ่านการทำให้ใส โดยการเติมเคซีนที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

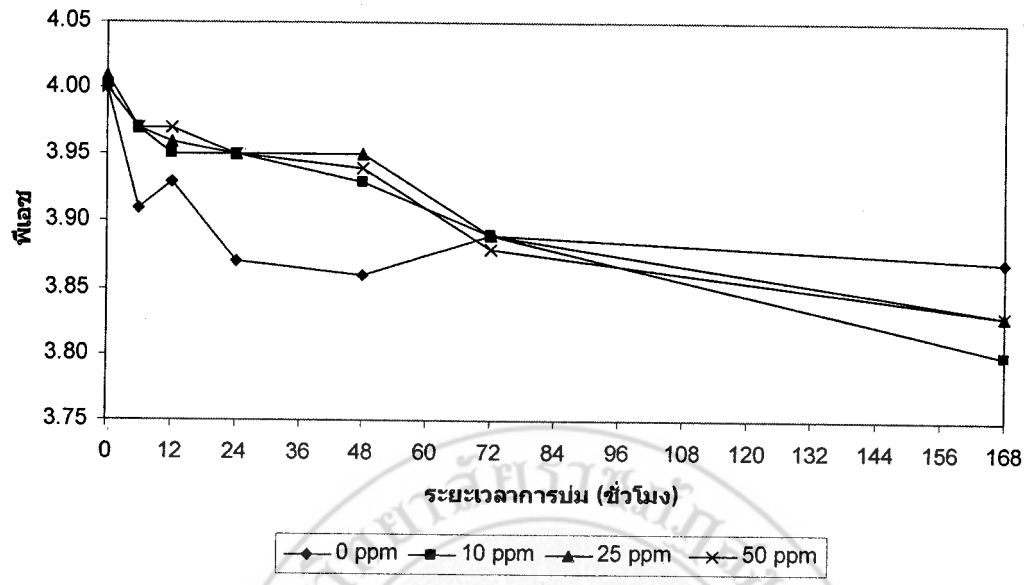
เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ภายในไวน์มะเม่าที่เติมเอนไซม์เพคติเนสและสารช่วยในการตกตะกอนที่ความเข้มข้นต่าง ๆ พบว่า ทุกชุดการทดลองปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มีการเปลี่ยนแปลงเป็นไปในแนวทางเดียวกันคือ มีการเพิ่มขึ้นและปรับลดลงในช่วง 0-48 ชั่วโมงของการบ่ม หลังจากนั่นปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์จะเริ่มมีค่าคงที่ไปจนสิ้นสุดการทดลอง และพบว่าตั้งแต่เริ่มจนสิ้นสุดการทดลองในตัวอย่างไวน์ที่เติมเอนไซม์เพคติเนสมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงที่สุด โดยไวน์ที่เติมเอนไซม์เพคติเนสที่ความเข้มข้น 50 พีพีเอ็ม มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงที่สุด รองลงมาคือไวน์ที่เติมเอนไซม์เพคติเนสที่ความเข้มข้น 25 พีพีเอ็ม และ 10 พีพีเอ็ม โดยมีค่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เป็น 1064.52, 985.48 และ 947.31 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ (ภาพที่ 30)



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

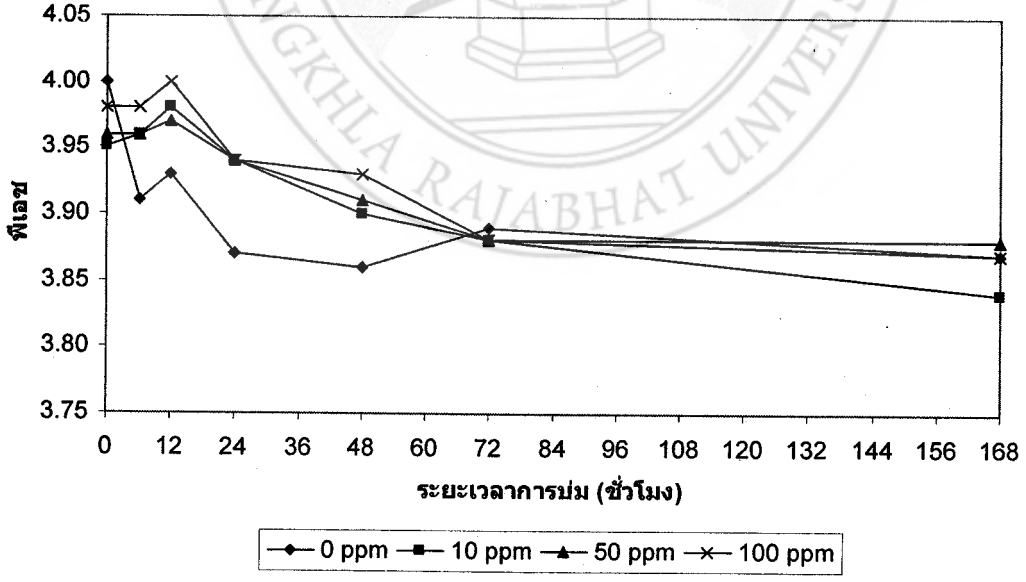
การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของไวน์มะเม่าที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเอนไซม์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ แสดงดังภาพที่ 31 พบว่า ค่าพีเอชของไวน์มีค่าลดลงเล็กน้อยเมื่อระยะเวลาการบ่มเพิ่มขึ้น ทั้งในตัวอย่างไวน์มะเม่าที่เติมและไม่เติมเอนไซม์เพคติเนส หลังจากระยะเวลาการบ่มผ่านไป 168 ชั่วโมง พบว่าตัวอย่างไวน์ที่เติมเอนไซม์เพคติเนสมีค่าพีเอชต่ำกว่าตัวอย่างไวน์ที่ไม่มีการเติมเอนไซม์ จากภาพจะเห็นได้ว่าในตัวอย่างไวน์ที่เติมเพคติเนสความเข้มข้น 10 พีพีเอ็ม มีค่าพีเอชต่ำที่สุดคือมีค่าพีเอชเท่ากับ 3.80 ในขณะที่ไวน์ที่เติมเพคติเนสความเข้มข้น 25 และ 50 พีพีเอ็ม มีค่าพีเอชสูงขึ้นเล็กน้อย คือมีค่าเป็น 3.83 เท่ากัน การทดลองนี้สอดคล้องกับรายงานของศศิมา เอี่ยมแสงธรรม (2547) ที่ศึกษาผลของการบ่มไวน์สับปะรดพันธุ์ภูเก็ตที่ใส่เอนไซม์เพคติเนสความเข้มข้น 0, 0.0125, 0.05% (w/v) และชุดควบคุม ซึ่งบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่า พีเอชของไวน์มีการลดลงเล็กน้อยเมื่อบ่มไวน์ไว้เป็นระยะเวลา 3 เดือน



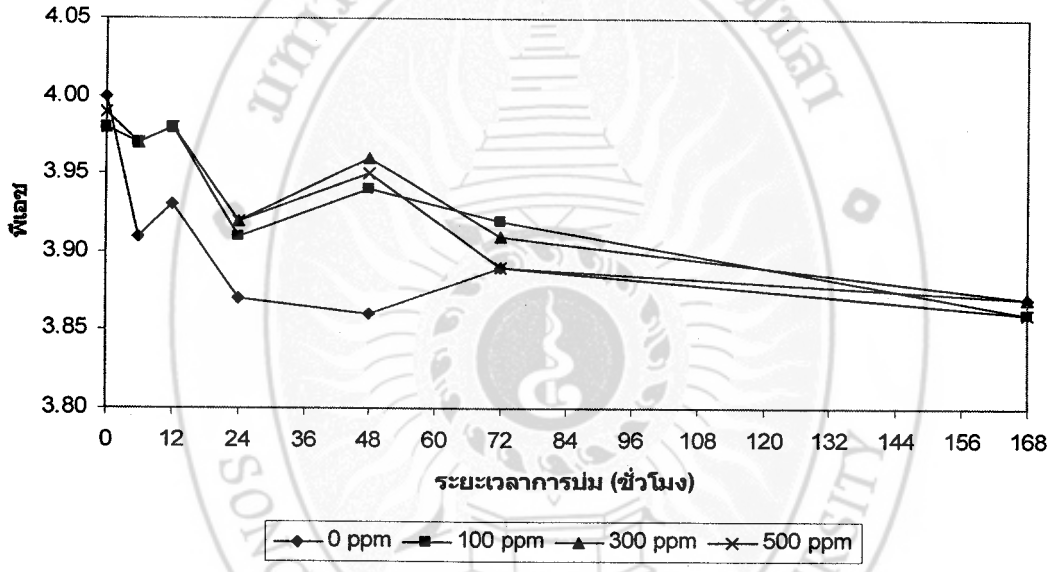
ภาพที่ 31 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชในระหว่างการบ่มไวน์มะเม่าที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเอนไซม์เพคติเนสที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

ค่าพีเอชในระหว่างการบ่มไวน์มะเม่าไม่ที่เติมและเติมเจลลาตินที่ความเข้มข้นต่าง ๆ มีค่าลดลงเล็กน้อยเมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลาการบ่มผ่านไป 168 ชั่วโมงตัวอย่างไวน์ที่เติมเจลลาตินที่ความเข้มข้น 10 พีพีเอ็มมีค่าพีเอชที่ต่ำสุด และตัวอย่างไวน์ที่เติมเจลลาตินที่ความเข้มข้น 50 พีพีเอ็ม มีค่าพีเอชที่สูงสุด ในขณะที่ตัวอย่างไวน์ที่เติมเจลลาตินที่ความเข้มข้น 100 พีพีเอ็ม มีค่าพีเอชเท่ากับตัวอย่างไวน์ชุดควบคุม (ภาพที่ 32)

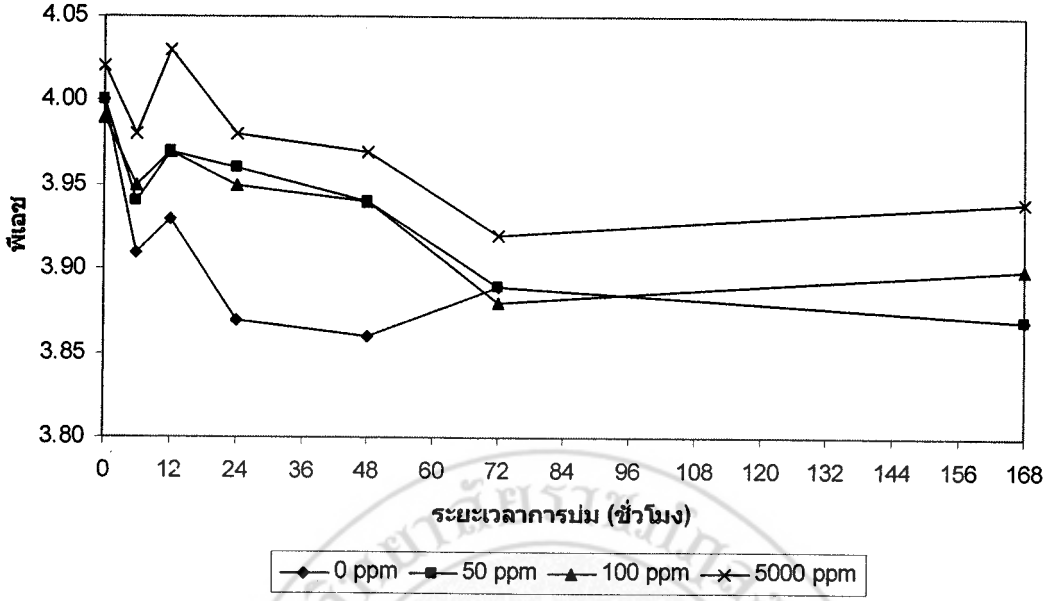


ภาพที่ 32 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชในระหว่างการบ่มไวน์มะเม่าที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเจลลาตินที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของไวน์มะเม่าที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเบนโตไนท์ (ภาพที่ 33) และเคซีนที่ความเข้มข้นต่าง ๆ (ภาพที่ 34) พบว่า การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของไวน์เป็นไปในลักษณะเดียวกับไวน์ที่เติมเอนไซม์เพคติเนสและเจลลาติน นั่นคือค่าพีเอชของไวน์ลดลงเล็กน้อยเมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้น สำหรับตัวอย่างไวน์ที่ทำการเติมเบนโตไนท์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ มีค่าพีเอชที่ชั่วโมงสุดท้ายของการทดลองมีค่าใกล้เคียงกับไวน์ชุดควบคุม ในขณะที่ไวน์ที่ได้รับการเติมเคซีนที่ความเข้มข้นต่าง ๆ นั้น พบว่า พีเอชของไวน์มีค่าสูงกว่าไวน์ในชุดควบคุมโดย ตัวอย่างไวน์ที่เติมเคซีนความเข้มข้น 5000 พีพีเอ็ม มีค่าพีเอชสูงที่สุด รองลงมาคือตัวอย่างไวน์ที่เติมเคซีนความเข้มข้น 100 พีพีเอ็ม และไวน์ที่เติมเคซีนความเข้มข้น 50 พีพีเอ็มมีค่าต่ำสุดและมีพีเอชเท่ากับไวน์ในชุดควบคุม ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.94, 3.90 และ 3.87 ตามลำดับ



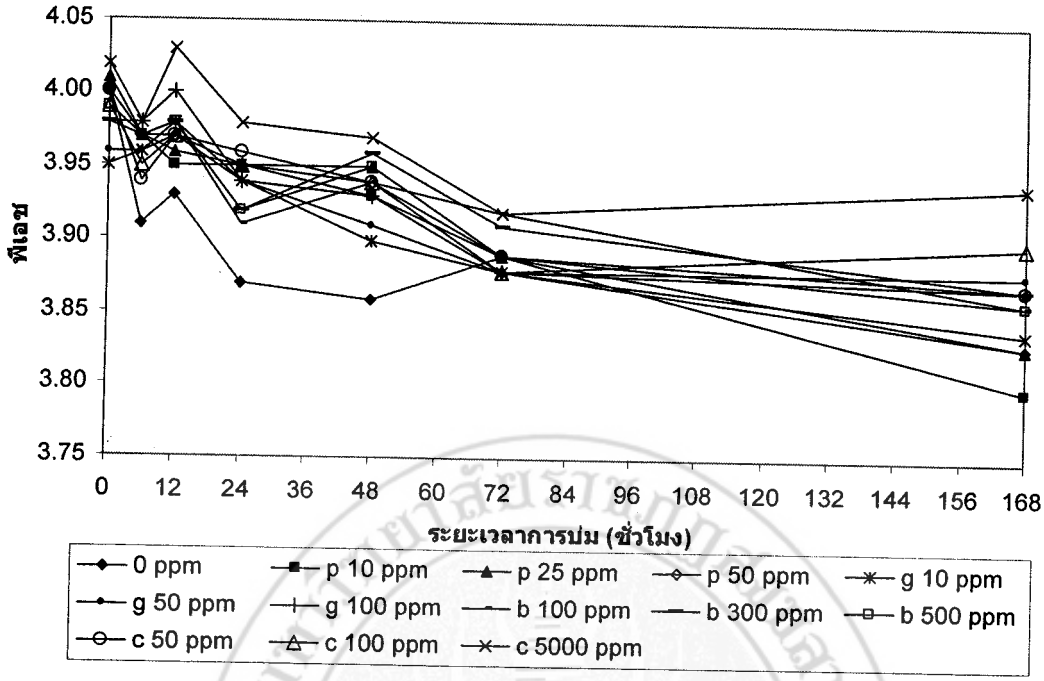
ภาพที่ 33 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชในระหว่างการบ่มไวน์มะเม่าที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเบนโตไนท์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ



ภาพที่ 34 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชในระหว่างการบ่มไวน์มะเม่าที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเคซีนที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

Xifang และคณะ (2007) ศึกษาการดูดซับโปรตีนในไวน์โดยการใช้สารเบนโตไนท์ความเข้มข้น 25 กรัมต่อลิตร พบว่า เบนโตไนท์ที่ใช้มีจะประสิทธิภาพในการดูดซับโปรตีนได้สูงที่พีเอชในช่วง 2.69–4.20 และเมื่อค่าพีเอชเพิ่มขึ้นพบว่าสามารถดูดซับโปรตีนได้น้อยลง ซึ่งเบนโตไนท์จะมีประสิทธิภาพสูงในการดูดซับโปรตีนเมื่ออยู่ในสภาวะพีเอชต่ำโดยมีค่า pI 4.6 เป็นที่น่าสังเกตว่าค่าพีเอชของไวน์เป็นปัจจัยสำคัญต่อกระบวนการดูดซับโปรตีนของเบนโตไนท์ ซึ่งค่าพีเอชจะมีผลกับประจุบนพื้นผิวของเบนโตไนท์และระดับของ ionization และความจำเพาะของโปรตีน และจากการศึกษาในครั้งนี้พบว่าไวน์มะเม่าที่ใช้ในการทดลองมีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 3.86-4.02 ซึ่งเป็นช่วงพีเอชที่เบนโทไนต์มีประสิทธิภาพในการดูดซับได้สูง

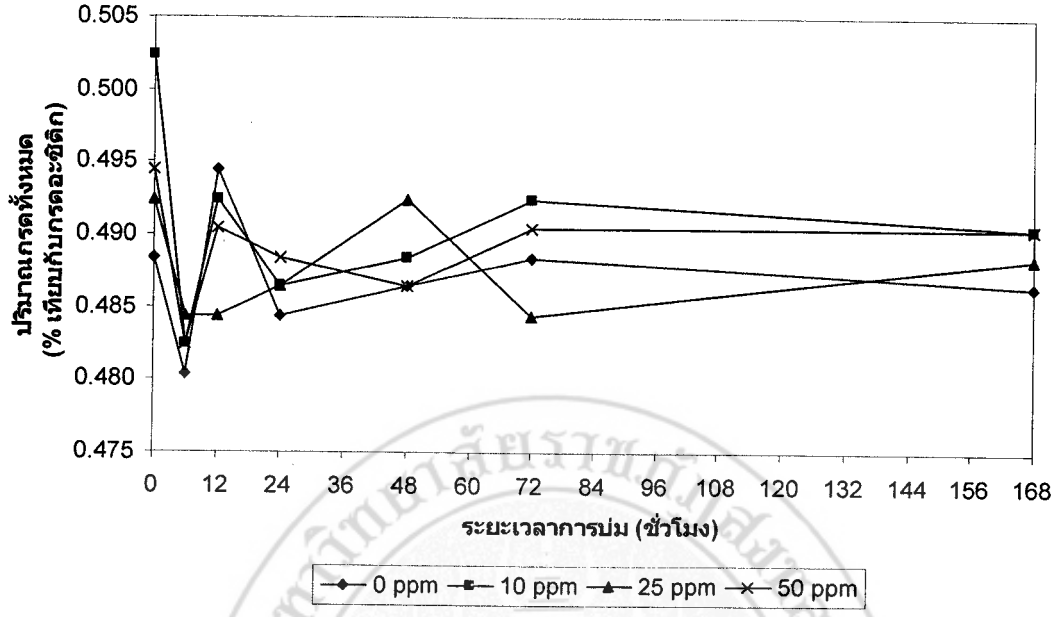
เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชในไวน์ที่ทำการเติมเอนไซม์และสารช่วยในการตกตะกอนต่าง ๆ ดังแสดงในภาพที่ 35 พบว่า เมื่อระยะเวลาการบ่มผ่านไปค่าพีเอชของไวน์จะลดลงเล็กน้อย แต่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนักเมื่อเทียบกับค่าที่เวลาเริ่มต้นของการทดลอง โดยตัวอย่างไวน์ที่ในชุดที่เติมเคซีนความเข้มข้น 5000 พีพีเอ็ม มีค่าพีเอชสูงที่สุด รองลงมาคือตัวอย่างไวน์ที่เติมเคซีนความเข้มข้น 100 พีพีเอ็ม ซึ่งมีค่าสูงกว่าชุดควบคุม ในขณะที่ ตัวอย่างไวน์ที่เติมเอนไซม์เพคติเนสที่ความเข้มข้น 10 พีพีเอ็ม มีค่าพีเอชต่ำที่สุด ซึ่งมีค่าต่ำกว่าชุดควบคุมที่ไม่เติมสารใด ๆ เลย แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาแล้วพบว่าการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของไวน์ในแต่ละชุดการทดลองมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ทั้งนี้เนื่องจากในขั้นตอนการบ่มนั้นกระบวนการหมักของยีสต์ได้เสร็จสิ้นไปแล้ว การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชจึงเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยเมื่อมีการเติมสารต่าง ๆ ลงไป



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

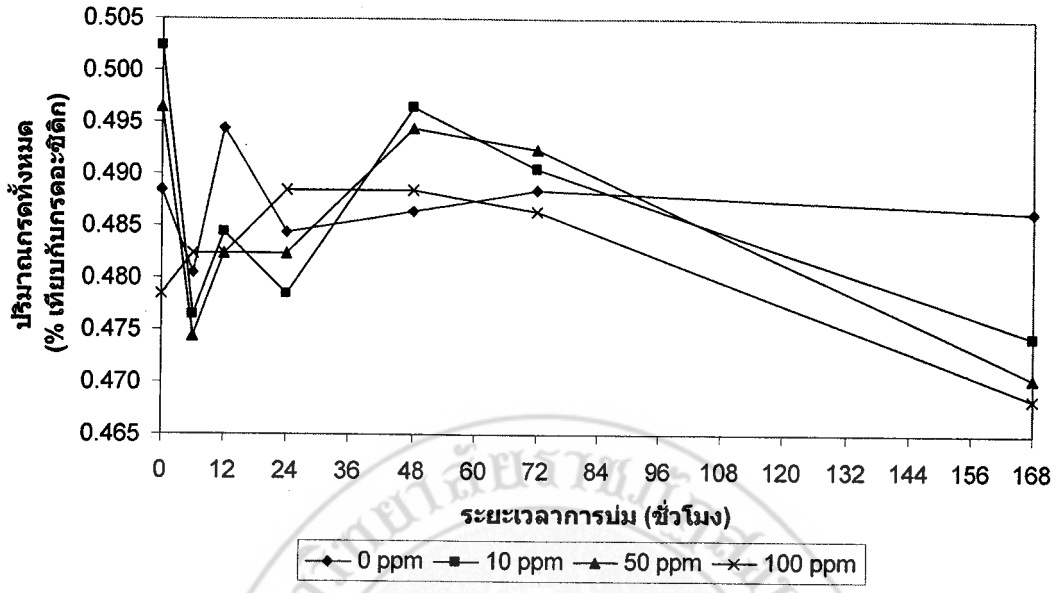
การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมด

เมื่อพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดภายในไวน์มะเม่าหลังจากการเติมเอนไซม์เพคติเนส พบว่า ที่เวลาเริ่มการทดลองตัวอย่างไวน์ที่เติมเอนไซม์มีปริมาณกรดทั้งหมดสูงกว่าตัวอย่างไวน์ที่ไม่มีการเติมเอนไซม์ เมื่อเวลาการบ่มผ่านไป 6 ชั่วโมง ปริมาณกรดทั้งหมดมีค่าลดลงต่ำกว่าที่เวลาเริ่มต้นการทดลองและปริมาณกรดทั้งหมดมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อระยะเวลาการบ่มเพิ่มขึ้น จากการทดลองพบว่าเมื่อเปรียบเทียบปริมาณกรดทั้งหมดที่เวลาเริ่มต้นและสิ้นสุดการทดลอง ในไวน์ที่เติมเอนไซม์เพคติเนสความเข้มข้น 10 พีพีเอ็ม เวลาเริ่มต้นการทดลองมีปริมาณกรดทั้งหมดสูงกว่าที่เวลาสิ้นสุดการทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในขณะที่ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ในตัวอย่างอื่นทั้งที่เติมและไม่เติมเอนไซม์เพคติเนส และยังพบว่าแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดในไวน์ที่เติมและไม่เติมเอนไซม์มีแนวโน้มเป็นไปในทางเดียวกันดังแสดงในภาพที่ 36



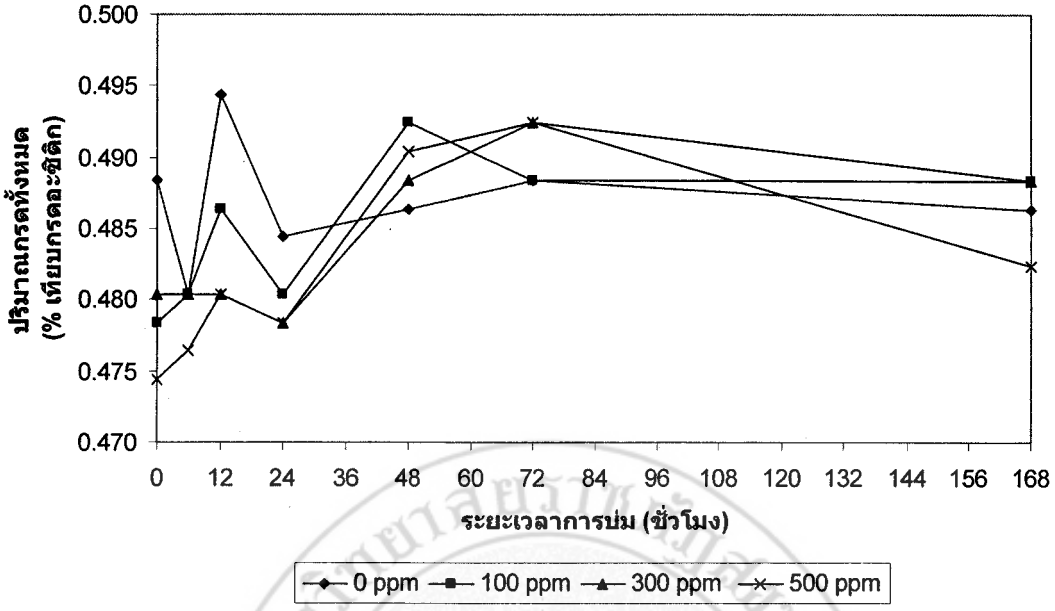
ภาพที่ 36 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดในระหว่างการบ่มไวน์มะเม่าที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเอนไซม์เพคติเนสที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดในระหว่างการบ่มไวน์มะเม่าที่เติมเจลลาตินเป็นสารช่วยในการตกตะกอน แสดงดังภาพที่ 37 พบว่าปริมาณกรดทั้งหมดในไวน์เติมเจลลาตินที่ความเข้มข้นต่าง ๆ มีค่าลดลงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) จากที่เวลาเริ่มการทดลอง ในขณะไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในตัวอย่างไวน์ที่ไม่มีการเติมเจลลาติน โดยตัวอย่างไวน์ที่เติมเจลลาตินความเข้มข้น 100 พีพีเอ็ม มีปริมาณกรดทั้งหมดต่ำที่สุด แต่ทั้งนี้อาจเกิดจากการที่ในตัวอย่างไวน์เริ่มต้นมีปริมาณกรดทั้งหมดในปริมาณต่ำอยู่แล้วนั่นเอง ในขณะที่ในตัวอย่างอื่นที่เติมเจลลาตินมีปริมาณกรดทั้งหมดสูงกว่าในชุดควบคุมแต่เมื่อสิ้นสุดการทดลองกลับพบว่ามีปริมาณกรดทั้งหมดต่ำกว่าในชุดควบคุม ดังนั้นการเติมเจลลาตินที่ความเข้มข้นต่าง ๆ จึงทำให้ปริมาณกรดทั้งหมดในไวน์ลดลงได้และการลดลงของปริมาณกรดทั้งหมดนี้อาจส่งผลไปถึงกลิ่นและรสชาติของไวน์ได้



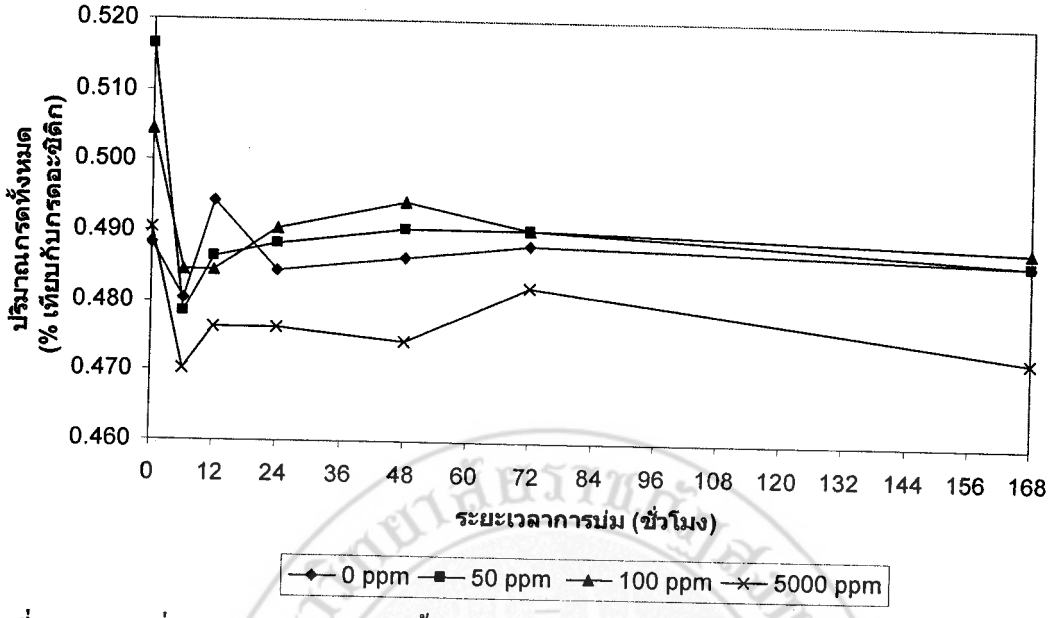
ภาพที่ 37 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดในระหว่างการบ่มไวน์มะเม่าที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเจลลาตินที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดในไวน์มะเม่าที่ผ่านการเติมเบนโตไนท์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ แสดงในภาพที่ 38 พบว่าการเติมเบนโตไนท์ลงในไวน์มะเม่าทำให้ปริมาณกรดทั้งหมดในไวน์เพิ่มขึ้นได้ โดยปริมาณกรดทั้งหมดในไวน์ที่เติมเบนโตไนท์ที่ความเข้มข้น 100, 300 และ 500 พีพีเอ็ม เพิ่มขึ้นจาก 0.478, 0.480 และ 0.474 % เป็น 0.488, 0.488 และ 0.482 % ตามลำดับจากเวลาเริ่มต้นจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) ของปริมาณกรดทั้งหมดที่เพิ่มขึ้น และไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) ของปริมาณกรดทั้งหมดในตัวอย่างไวน์ที่เติมและไม่เติมเบนโตไนท์เมื่อระยะเวลาการบ่มผ่านไป 168 ชั่วโมง



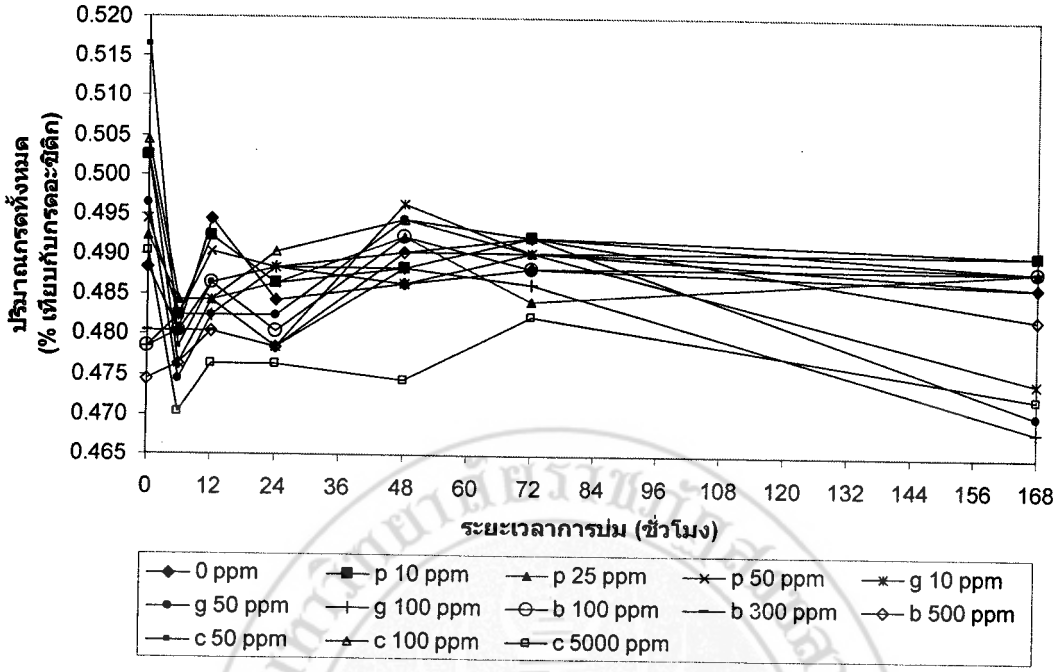
ภาพที่ 38 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดในระหว่างการบ่มไวน์มะเม่าที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเบนโตไนท์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดในระหว่างการบ่มไวน์มะเม่าที่เติมเคซีนเป็นสารช่วยในการตกตะกอน (ภาพที่ 39) พบว่าที่เวลาสิ้นสุดการทดลองปริมาณกรดทั้งหมดในไวน์เติมเคซีนที่ความเข้มข้นต่าง ๆ มีค่าลดลงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับที่เวลาเริ่มการทดลอง ในขณะไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในตัวอย่างไวน์ที่ไม่มีการเติมเคซีน และมีแนวโน้มว่าการเติมเคซีนทำให้กรดทั้งหมดในไวน์มีปริมาณที่ต่ำกว่าในไวน์ที่ไม่มีการเติมเคซีนลงไป ซึ่งจากภาพสังเกตได้ว่าที่เวลาเริ่มต้นการทดลองปริมาณกรดทั้งหมดในไวน์ที่เติมเคซีนความเข้มข้น 5000 พีพีเอ็มมีค่าใกล้เคียงกับไวน์ที่ไม่มีการเติมสารใด แต่เมื่อสิ้นสุดการทดลองกลับพบว่าปริมาณกรดทั้งหมดในไวน์ที่เติมเคซีนความเข้มข้น 5000 พีพีเอ็มลดลงต่ำกว่าในตัวอย่างที่ไม่มีการเติมสารใด ในขณะที่ที่ความเข้มข้นอื่นของเคซีนที่เวลาเริ่มต้นมีปริมาณกรดทั้งหมดสูงกว่าในชุดควบคุมแต่เมื่อเวลาผ่านไปกลับพบว่าในตัวอย่างดังกล่าวมีปริมาณกรดทั้งหมดใกล้เคียงกันกับชุดควบคุม จึงมีความเป็นได้มากว่าการเติมเคซีนที่ความเข้มข้นสูง ๆ ลงในไวน์มะเม่าแล้วทำให้ปริมาณกรดทั้งหมดลดลงได้มากว่าการไม่เติมสารใดลงไป



ภาพที่ 39 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดในระหว่างการบ่มไวน์มะเม่าที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเคซีนที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

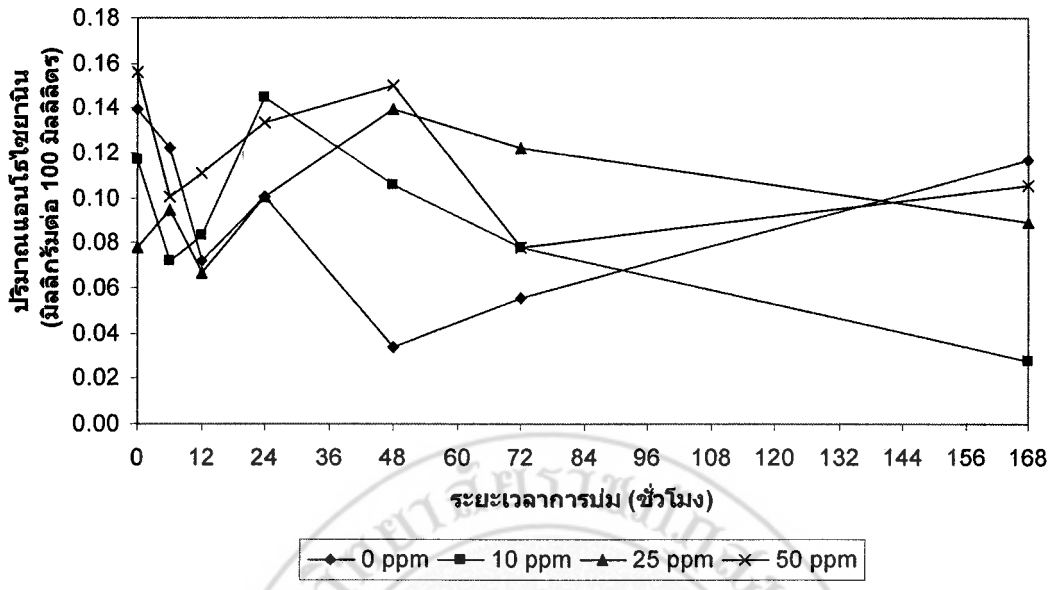
เมื่อพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดภายในไวน์มะเม่าหลังจากการเติมเอนไซม์เพคติเนส เจลลาติน และ เคซีน (ภาพที่ 40) พบว่า ที่เวลาสิ้นสุดการทดลองปริมาณกรดทั้งหมดในไวน์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ มีค่าลดลงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับที่เวลาเริ่มการทดลอง ในขณะที่ในตัวอย่างไวน์ที่เติมเบนโตไนท์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ทำให้ปริมาณกรดทั้งหมดในไวน์เพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) ของปริมาณกรดทั้งหมดที่เพิ่มขึ้นเมื่อเวลาสิ้นสุดการทดลอง และเมื่อเปรียบเทียบการเติมสารในการตกตะกอนทั้งหมดพบว่าเจลลาตินเป็นสารที่มีแนวโน้มว่าสามารถทำให้ปริมาณกรดทั้งหมดในไวน์มะเม่าลดลงได้มากที่สุดซึ่งอาจส่งผลต่อกลิ่นและรสชาติของไวน์ได้มากที่สุดด้วย



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

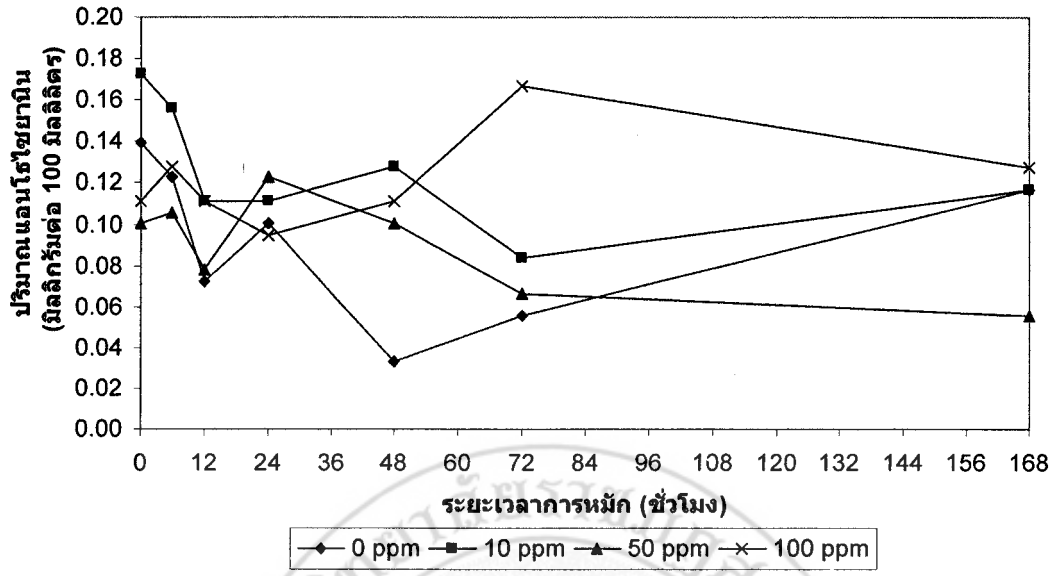
การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารแอนโธไซยานิน

เมื่อระยะเวลาการบ่มเพิ่มขึ้นการเติมเอนไซม์เพคติเนสลงในไวน์สามารถทำให้ปริมาณสารแอนโธไซยานินลดลงได้มากกว่าการไม่เติมเอนไซม์ (ภาพที่ 41) ซึ่งเมื่อสิ้นสุดการทดลองที่เวลาการบ่ม 168 ชั่วโมง พบว่า ตัวอย่างไวน์ที่เติมเอนไซม์เพคติเนสที่ความเข้มข้น 10 พีพีเอ็ม มีปริมาณสารแอนโธไซยานินต่ำที่สุด รองลงมาคือ ไวน์ที่เติมเอนไซม์เพคติเนสที่ความเข้มข้น 25 พีพีเอ็ม และไวน์ที่เติมไวน์ที่เติมเอนไซม์เพคติเนสที่ความเข้มข้น 50 พีพีเอ็ม ซึ่งมีค่าปริมาณสารแอนโธไซยานิน 0.028, 0.089 และ 0.106 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณแอนโธไซยานินต่ำกว่าไวน์ที่ไม่มีการเติมเอนไซม์เพคติเนสที่มีปริมาณแอนโธไซยานิน 0.117 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร แต่เมื่อทำการเปรียบเทียบปริมาณสารแอนโธไซยานินที่ชั่วโมงสุดท้ายของการทดลองพบว่าในทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) Versari และคณะ (1997) พบว่า น้ำราสเบอรี่ซึ่งมีสีแดงจะมีสีจางลงหลังจากเติมเอนไซม์เพคติเนสลงไป 4-6 ชั่วโมง เนื่องจากเอนไซม์ที่เติมลงไปนั้นไปย่อยแอนโธไซยานินในน้ำราสเบอรี่นั่นเอง ซึ่งในการทดลองนี้พบว่าปริมาณแอนโธไซยานินในไวน์มะเม่าที่เติมเอนไซม์เพคติเนสลงไปเป็นเวลา 6 ชั่วโมงมีปริมาณลดลงมากกว่าไวน์ที่ไม่เติมสารใดเลย



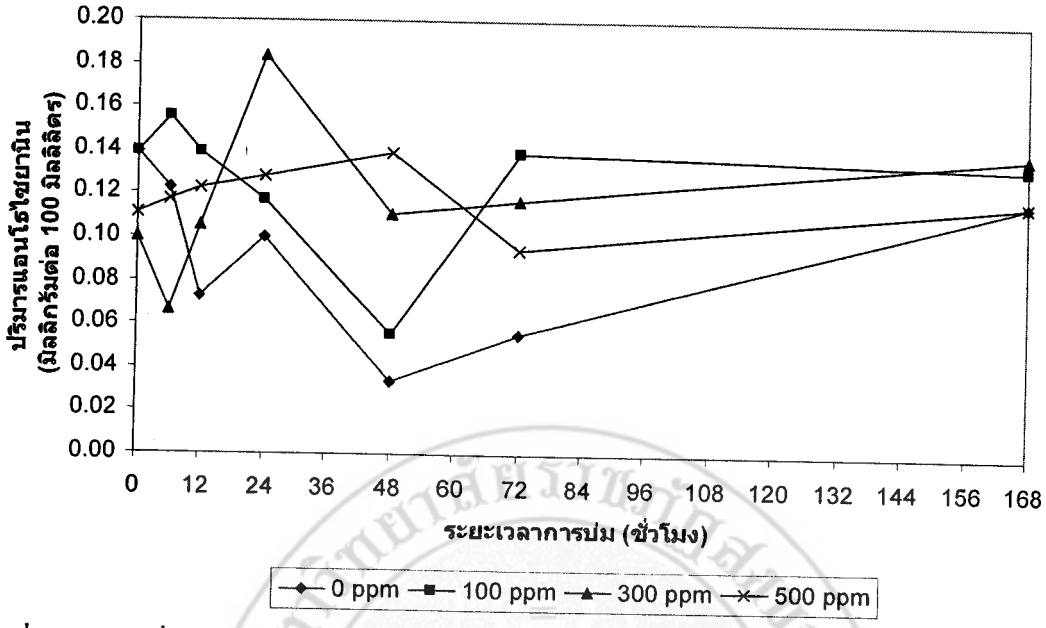
ภาพที่ 41 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารแอนโธไซยานินในระหว่างการบ่มไวน์มะเม่าที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเอนไซม์เพคติเนสที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

เมื่อพิจารณาถึงปริมาณสารแอนโธไซยานินของไวน์มะเม่าที่ผ่านการทำให้ใสโดยการใช้เจลลาตินเป็นสารตกตะกอน พบว่า เมื่อเวลาการบ่มผ่านไป 168 ชั่วโมง ตัวอย่างไวน์ที่ใช้เจลลาตินที่ความเข้มข้น 50 พีพีเอ็ม มีปริมาณสารแอนโธไซยานินต่ำที่สุดคือ 0.056 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร รองลงมาคือ ไวน์ที่ใช้เจลลาตินที่ความเข้มข้น 10 พีพีเอ็ม มีปริมาณสารแอนโธไซยานิน 0.117 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร ซึ่งเท่ากับไวน์ที่ไม่มีการเติมเจลลาติน ในขณะที่ไวน์ที่เติมเจลลาตินความเข้มข้น 100 พีพีเอ็ม มีปริมาณสารแอนโธไซยานิน 0.128 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารแอนโธไซยานินที่เวลาเริ่มต้นการทดลองกับที่เวลาสิ้นสุดการทดลองแล้ว พบว่าไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) ในแต่ละชุดการทดลอง (ภาพที่ 42)



ภาพที่ 42 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารแอนโธไซยานินในระหว่างการบ่มไวน์มะเม่าที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเจลลาตินที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

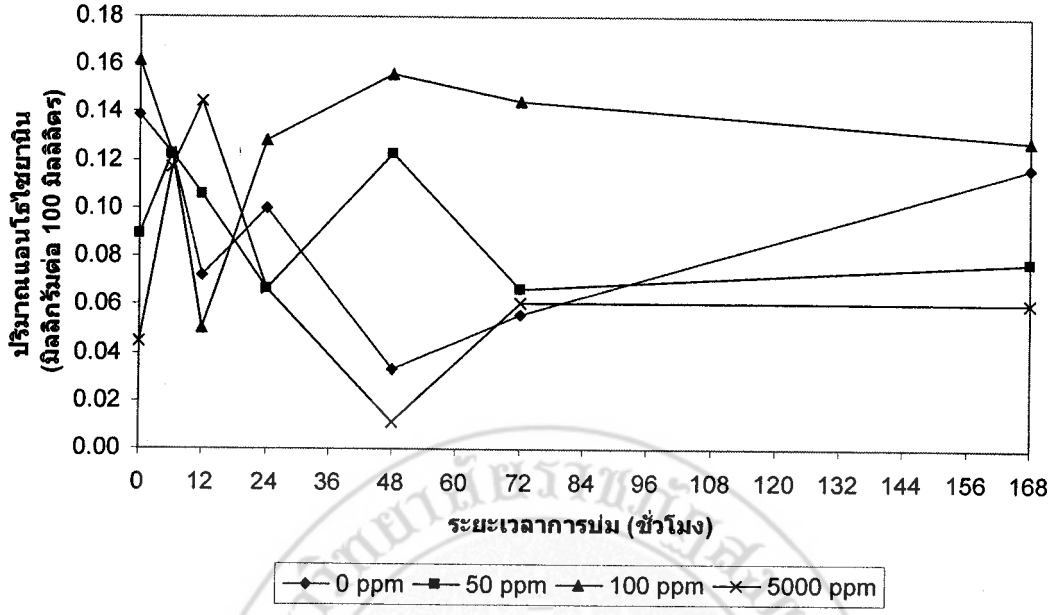
เจลลาตินเป็นสารที่นิยมใช้กันมากในระหว่างกระบวนการทำให้น้ำแอปเปิ้ลมีความใส เนื่องจากเจลลาตินสามารถดูดซับสารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) บางชนิดที่มีในน้ำแอปเปิ้ลได้ นอกจากนี้ยังสามารถทำให้น้ำแอปเปิ้ลมีความใสคงที่ในระหว่างการเก็บรักษาอีกด้วย (Gökmen and Çetinkaya, 2007) จากการทดลองนี้แม้เจลลาตินที่ใช้สามารถทำให้ปริมาณแอนโธไซยานินในไวน์ลดลงได้ แต่ผลที่ได้ยังไม่ดีเท่าที่ควร ทั้งนี้อาจเป็นเพราะความเข้มข้นของเจลลาตินที่ใช้อาจจะยังไม่เหมาะสม หรืออาจเป็นไปได้ว่า เจลลาตินที่ใช้ในการทดลองนี้มีความสามารถในการดูดซับแอนโธไซยานินชนิดที่มีอยู่ในมะเม่าได้ต่ำ



ภาพที่ 43 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารแอนโธไซยานินในระหว่างการบ่มไวน์มะเม่าที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเบนโตไนท์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

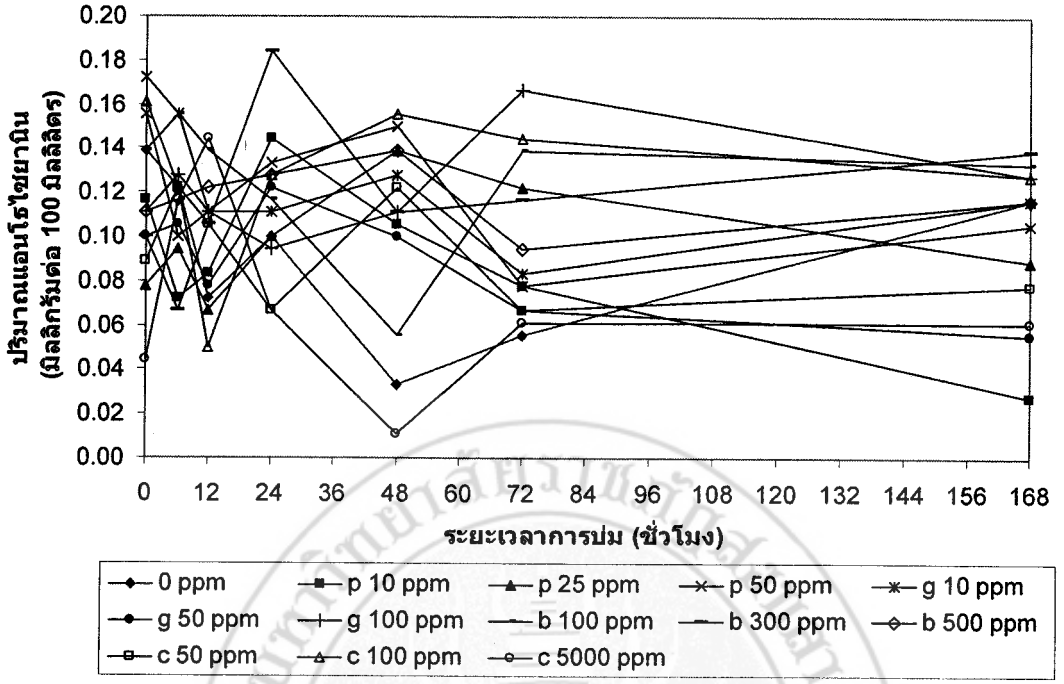
จากภาพที่ 43 จะเห็นได้ว่าไม่มีชุดการทดลองใดที่เติมสารเบนโตไนท์แล้วทำให้ปริมาณสารแอนโธไซยานินลดลงน้อยกว่าชุดควบคุม มีเพียงตัวอย่างไวน์ที่เติมเบนโตไนท์ความเข้มข้น 500 พีพีเอ็มเท่านั้นที่พบว่ามีปริมาณสารแอนโธไซยานินเท่ากับไวน์ในชุดที่ไม่เติมสารช่วยในการตกตะกอน คือมีปริมาณแอนโธไซยานินเท่ากับ 0.117 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร ในขณะที่ตัวอย่างไวน์ที่เติมเบนโตไนท์ความเข้มข้น 100 และ 300 พีพีเอ็ม มีปริมาณแอนโธไซยานินเท่ากับ 0.134 และ 0.139 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร แม้เบนโตไนท์ที่ความเข้มข้นสูงจะทำให้ปริมาณแอนโธไซยานินในไวน์ลดลงได้มากกว่าที่ความเข้มข้นต่ำกว่า แต่อย่างไรก็ตามปริมาณเบนโตไนท์ที่มากเกินไปสามารถส่งผลในทางลบต่อกลิ่นและรสชาติของไวน์ได้ (Esteruelas *et al.*, 2009)

จากการทดลองไวน์มะเม่าที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเคซีนที่ความเข้มข้นต่าง ๆ แสดงดังภาพที่ 44 พบว่าปริมาณสารแอนโธไซยานินมีการเปลี่ยนแปลงทุกระยะเวลาการบ่ม แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ของปริมาณสารแอนโธไซยานินที่เวลาสิ้นสุดการทดลอง อย่างไรก็ตามพบว่าการเติมเคซีนที่ความเข้มข้น 5000 และ 50 พีพีเอ็ม ลงไปในไวน์มะเม่าสามารถทำให้ปริมาณแอนโธไซยานินลดต่ำลงกว่าในไวน์ที่ไม่มีการเติมสารชนิดนี้ลงไป โดยมีค่าแอนโธไซยานินเป็น 0.061, 0.078 และ0.117 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร ตามลำดับ



ภาพที่ 44 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารแอนโธไซยานินในระหว่างการบ่มไวน์มะเม่าที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเคซีนที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงปริมาณแอนโธไซยานินในระหว่างการบ่มไวน์มะเม่าที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเอนไซม์และสารช่วยในการตกตะกอนที่ความเข้มข้นต่าง ๆ พบว่า การเติมเอนไซม์และสารช่วยตกตะกอนส่วนใหญ่ เช่น เอนไซม์เพคติเนส เจลลาติน และเคซีนสามารถทำให้ไวน์มะเม่ามีปริมาณสารแอนโธไซยานินลดลงได้ โดยไวน์มะเม่าที่เติมเอนไซม์เพคติเนสความเข้มข้น 10 พีพีเอ็มมีปริมาณแอนโธไซยานินต่ำที่สุด รองลงมาคือ ไวน์ที่เติมเจลลาตินที่ความเข้มข้น 50 พีพีเอ็ม และไวน์ที่เติมเคซีนเข้มข้น 5000 พีพีเอ็ม ในขณะที่ไวน์มะเม่าที่เติมสารเบนโตไนท์ไม่มีชุดการทดลองใดที่มีปริมาณแอนโธไซยานินต่ำกว่าชุดควบคุมที่ไม่มีการเติมสารใดลงไป แต่เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารแอนโธไซยานินภายในไวน์ที่ระยะเวลาสิ้นสุดการทดลองลองพบว่าไวน์ที่ใช้สารช่วยตกตะกอนแต่ละชนิดที่ความเข้มข้นต่าง ๆ มีปริมาณสารแอนโธไซยานินไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) (ภาพที่ 45)



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

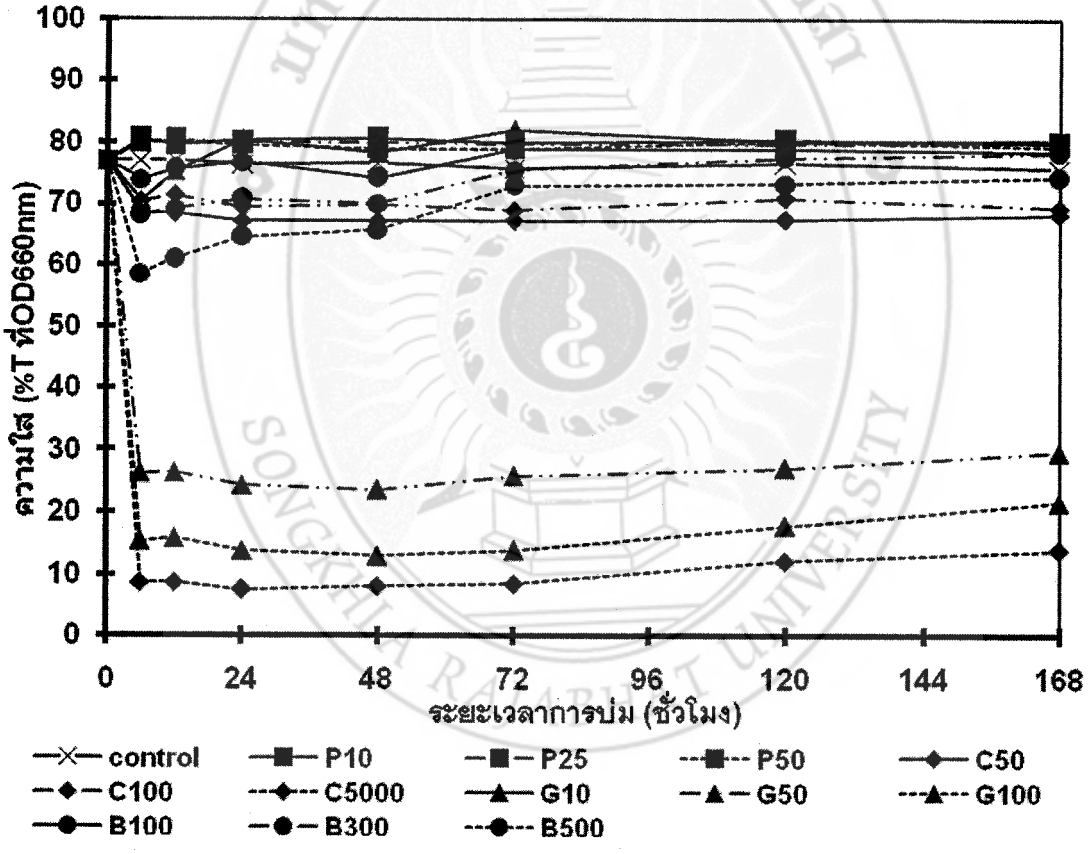
การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอลกอฮอล์

จากการศึกษาพบว่าเมื่อเริ่มต้นการทดลองไวน์มะเม่ามีปริมาณแอลกอฮอล์อยู่ที่ 12.4% และเมื่อสิ้นสุดการทดลองทำการวัดปริมาณแอลกอฮอล์อีกครั้ง พบว่าปริมาณแอลกอฮอล์อยู่ที่ 12.2% ซึ่งลดลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น เนื่องจากในกระบวนการบ่มไวน์นั้นกระบวนการหมักของเชื้อจุลินทรีย์หยุดลงแล้ว เมื่อไม่มีการหมักเกิดขึ้นปริมาณแอลกอฮอล์ภายในไวน์จึงคงที่หรือมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย

5. ผลของการใช้เพคติเนส และสารช่วยตกตะกอนชนิดอื่นต่อความใสและคุณภาพของไวน์ลูกหว้า

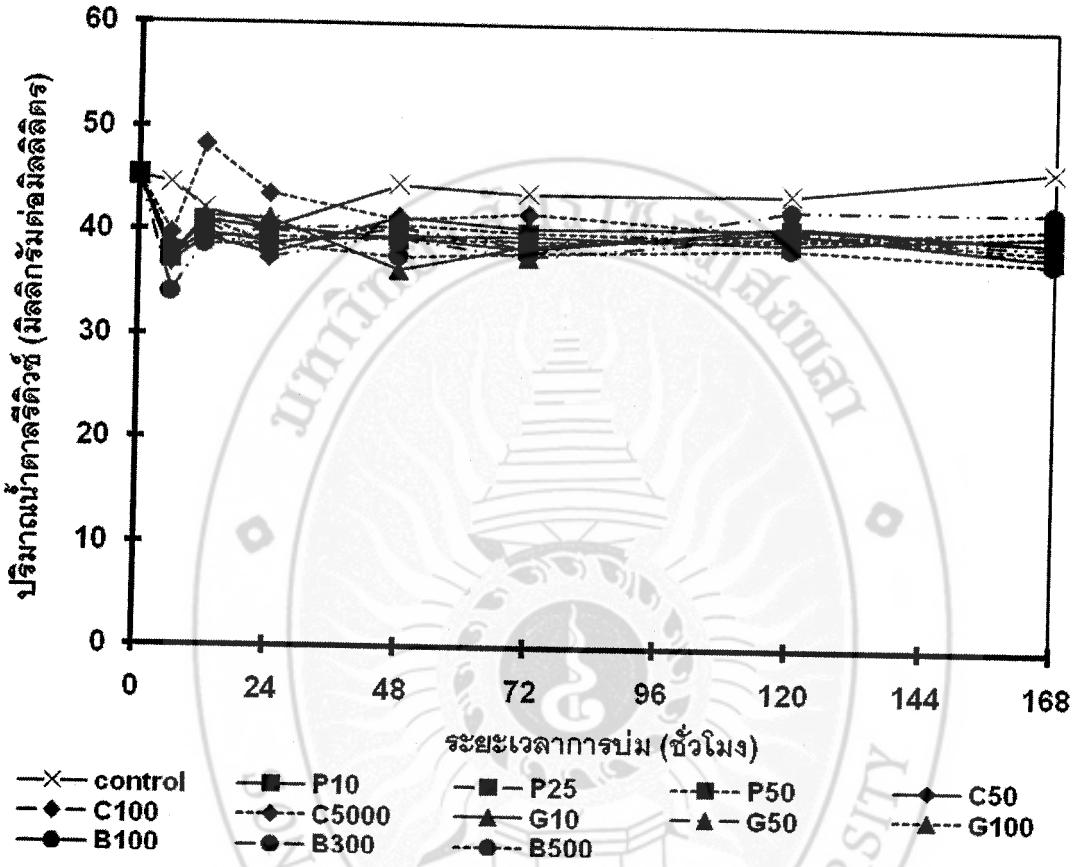
การศึกษาผลของการเติมสารช่วยตกตะกอนบางชนิดต่อการบ่มไวน์ลูกหว้าที่อัตราส่วนลูกหว้าต่อน้ำเท่ากับ 1:3 โดยเปรียบเทียบการเติมสารช่วยตกตะกอน ได้แก่ เอนไซม์เพคติเนส เคซีน เจลลาติน และเบนโทไนท์ ในอัตราส่วนต่างๆ แล้วนำไปบ่มต่อที่อุณหภูมิห้อง (เอนไซม์เพคติเนส) และอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (เคซีน เจลลาติน และเบนโทไนท์)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

จากการทดลองพบว่าการเติมสารช่วยตกตะกอนจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความใส ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณแอนโธไซยานิน และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ระหว่างการทำไวน์ใส เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของค่าความใสในการบ่มไวน์ลูกหว้า ดังแสดงในภาพที่ 46 พบว่าการเติมสารช่วยตกตะกอนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความใสของไวน์ โดยพบว่าการเติมเอนไซม์เพคติเนสที่ความเข้มข้น 10, 25 และ 50 พีพีเอ็ม เจลาตินที่ความเข้มข้น 10 พีพีเอ็ม และเบนโทไนท์ที่ความเข้มข้น 100 และ 300 พีพีเอ็ม จะช่วยทำให้ค่าความใสสูงขึ้น ทั้งนี้เป็นผลจากองค์ประกอบของลูกหว้า (ตารางที่ 1) ซึ่งประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และตะกอนโลหะ โดยเบนโตไนท์จะสามารถช่วยดูดซับตะกอน และขจัดความขุ่นที่เกิดจากโปรตีนได้เป็นอย่างดี เอนไซม์เพคติเนสช่วยทำให้โมเลกุลของโปรตีนในคอลลอยด์และเพคตินมารวมตัวเกิดเป็นโมเลกุลใหญ่และตกตะกอน ทำให้น้ำผลไม้ที่ได้ใสขึ้น (Alvarez *et al.*, 1998) และเจลาตินช่วยในการตกตะกอนไวน์ที่มีแทนนินสูง



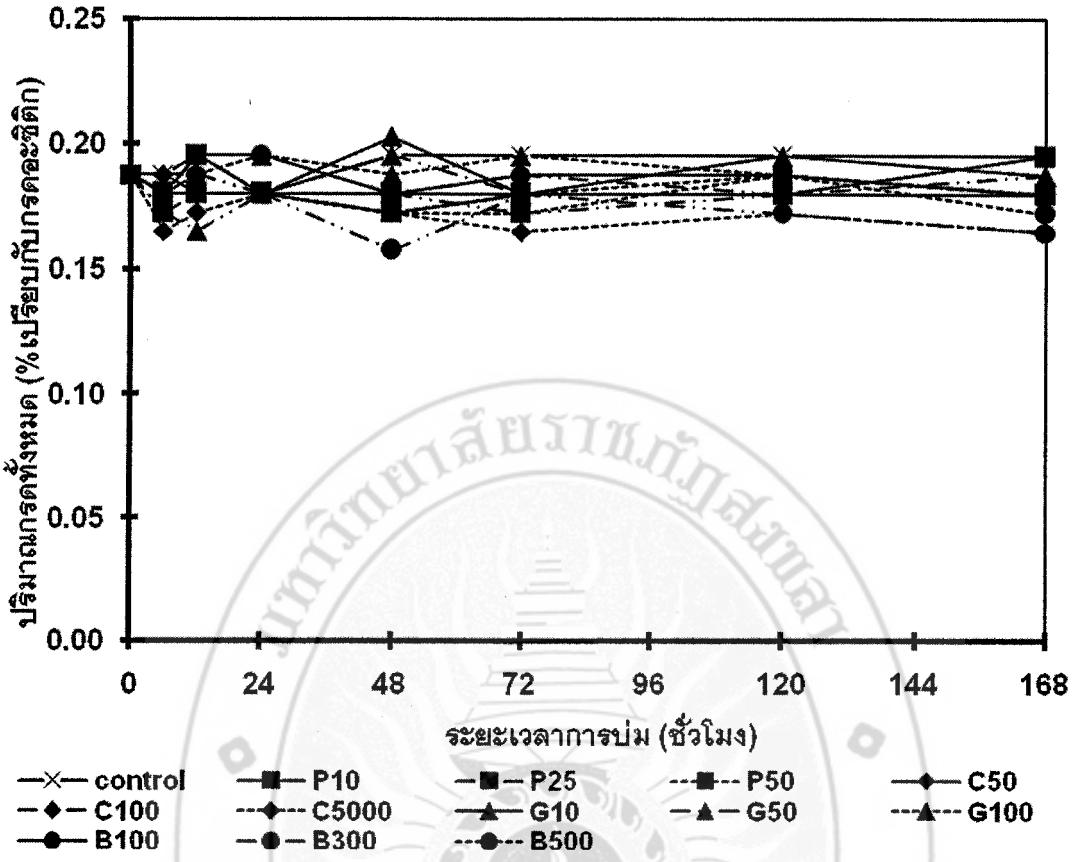
ภาพที่ 46 การเปลี่ยนแปลงค่าความใสในระหว่างบ่มไวน์ลูกหว้าที่อัตราส่วนลูกหว้าต่อน้ำเท่ากับ 1:3 ที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเอนไซม์และสารช่วยในการตกตะกอนที่ความเข้มข้นต่าง ๆ (P: pectinase, G : gelatin, B : bentonite และ C : casein)

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในระหว่างการทำไวน์ใส แสดงดังภาพที่ 47 พบว่าการเติมสารช่วยตกตะกอนมีผลทำให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ลดลง โดยการเติมเบนโทไนท์ความเข้มข้น 500 พีพีเอ็ม จะทำให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ลดลงมากสุด คือเหลือปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ 37.58 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร



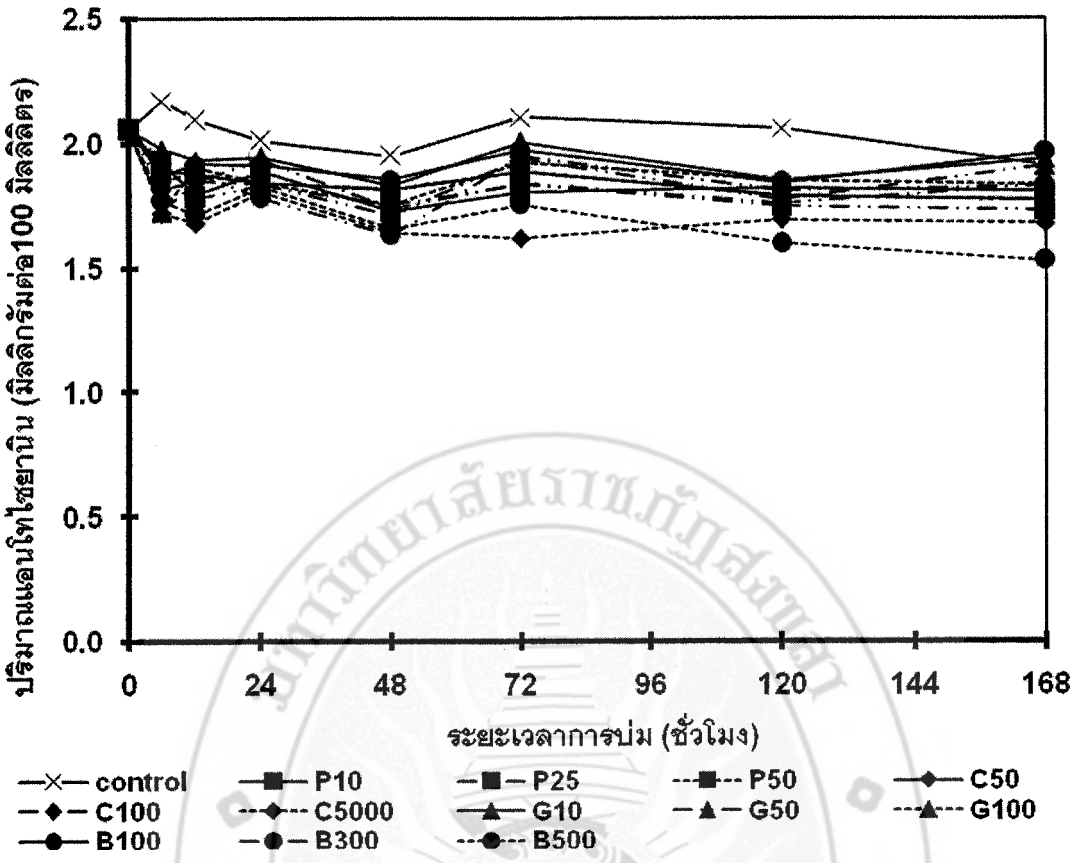
ภาพที่ 47 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในระหว่างบ่มไวน์ลูกหว้าที่อัตราส่วนลูกหว้าต่อน้ำเท่ากับ 1:3 ที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเอนไซม์และสารช่วยในการตกตะกอนที่ความเข้มข้นต่าง ๆ (P: pectinase, G : gelatin, B : bentonite และ C : casein)

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดในระหว่างการบ่มไวน์ลูกหว้า (ภาพที่ 48) พบว่าการเติมสารช่วยตกตะกอนมีผลทำให้ปริมาณกรดลดลงเพียงเล็กน้อย นอกจากนี้พบว่าการเติมสารช่วยตกตะตอนมากขึ้นจะทำให้ปริมาณกรดลดลงมากขึ้นตามไปด้วย และพบว่าการเติมสารเบนโทไนท์จะมีผลต่อการลดลงของปริมาณกรดมากกว่าการเติมด้วยเจลลาติน เคซีน และเอนไซม์เพคติเนส ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากสารเบนโทไนท์เป็นสารที่เป็นประจุลบสามารถจับกับไอออนของกรดซึ่งมีประจุเป็นบวกแล้วตกตะกอน ทำให้ไวน์มีปริมาณกรดที่ลดลง



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

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแอนโธไซยานินในการบ่มไวน์ลูกหว้า พบว่าการเติมสารช่วยตกตะกอนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณแอนโธไซยานินเพียงเล็กน้อย โดยพบว่าการเติมสารเบนโทไนท์ที่ความเข้มข้น 500 พีพีเอ็ม ทำให้ปริมาณสารแอนโธไซยานินลดลงต่ำที่สุด โดยปริมาณแอนโธไซยานินเหลือเท่ากับ 1.53 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร (ภาพที่ 49)



ภาพที่ 49 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอนโทไซยานินในระหว่างบ่มไวน์ลูกหว้าที่อัตราส่วนลูกหว้าต่อน้ำเท่ากับ 1:3 ที่ผ่านการทำให้ใสโดยการเติมเอนไซม์และสารช่วยในการตกตะกอนที่ความเข้มข้นต่าง ๆ (P: pectinase, G : gelatin, B : bentonite และ C : casein)

เมื่อพิจารณาผลการทำใสไวน์ลูกหว้า พบว่าไวน์ที่เติมเอนไซม์เพคติเนสที่ความเข้มข้น 10, 25 และ 50 พีพีเอ็ม เจลาตินความเข้มข้น 50 พีพีเอ็ม เบนโทไนท์ที่ความเข้มข้น 100, 300 และ 500 พีพีเอ็ม ให้ค่าความใสสูงสุด จึงนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยการชิมไวน์ลูกหว้า โดยผู้ทดสอบจำนวน 30 คน เพื่อคัดเลือกไวน์ลูกหว้าที่ให้กลิ่นรสที่ที่ดีสุด

จากผลการยอมรับทางด้านการทดสอบการชิมไวน์ที่ผ่านการทำใสได้ผลดังตารางที่ 5 พบว่า ไวน์ลูกหว้าที่ได้รับการยอมรับสูงสุดคือ ไวน์ลูกหว้าที่ทำใสโดยใช้เจลาตินความเข้มข้น 10 พีพีเอ็ม ซึ่งได้รับคะแนนรวมเท่ากับ 11.60 ถึงแม้ว่าไวน์ลูกหว้าที่ทำใสโดยใช้เจลาตินความเข้มข้น 10 พีพีเอ็ม จะให้คะแนนรวมสูงสุด แต่ผลจากการชิมไวน์พบว่าไวน์ลูกหว้าที่ทำใสโดยใช้เจลาตินความเข้มข้น 10 พีพีเอ็ม ให้ค่าความเปรี้ยวที่สูงสุดด้วยเมื่อเปรียบเทียบกับไวน์อื่นๆ ซึ่งถือเป็นลักษณะของไวน์ที่ไม่ดี (ภาพที่ 50) อย่างไรก็ตามเมื่อจัดลักษณะของไวน์พบว่าไวน์ลูกหว้าที่ทำใสโดยใช้เจลลาตินความเข้มข้น 10 พีพีเอ็ม ให้ค่าคะแนนรวมไม่แตกต่างกับการเติมสารช่วยตกตะกอนอื่นๆ

และชุดที่ไม่มีการเติมสารช่วยตกตะกอน กล่าวคือถือว่าเป็นไวน์ที่ยอมรับโดยผู้บริโภค มี defect บ้างเล็กน้อย ดังนั้นจากการทดสอบการชิมไวน์ในครั้งนี้ พบว่าการใช้สารช่วยตกตะกอนชนิดอื่น เช่น เบนโทไนท์ และเอนไซม์เพคติเนส สามารถใช้แทนเจลาตินที่ความเข้มข้น 10 พีพีเอ็มได้ เพื่อลดผลของความเปรี้ยวที่เกิดขึ้น นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบการทดสอบการชิมไวน์ลูกหว้าหลังทำใส โดยการเติมเอนไซม์เพคติเนส และเบนโทไนท์ ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน แสดงดังภาพที่ 51 และ 52 พบว่า เมื่อเติมสารเบนโทไนท์เพิ่มขึ้นไม่มีผลต่อคะแนนรวมของไวน์ แต่การเติมปริมาณเอนไซม์เพคติเนสเพิ่มขึ้นจะทำให้กลิ่น และคะแนนรวมของไวน์สูงขึ้น

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบชิมไวน์ลูกหว้า 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. ความเปรี้ยว (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. บอดี้ (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)**	**10.76**	**10.28**	**10.64**	**10.82**	**11.60**	**10.56**	**10.56**	**11.53**

* control : ชุดที่ไม่มีการเติมสารช่วยตกตะกอน

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

** คะแนนรวมบอกลักษณะไวน์ดังนี้

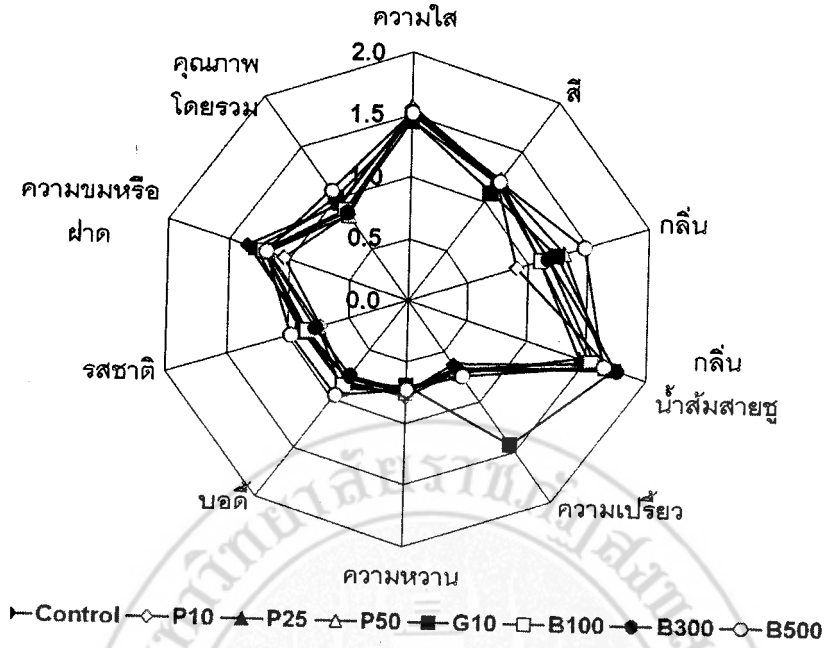
17-20 คะแนน เป็นไวน์ที่มีคุณภาพดีเด่นและไม่มี defect ใดๆ

13-16 คะแนน เป็นไวน์มาตรฐาน ไม่มีอะไรเด่นหรือด้อย (defect)

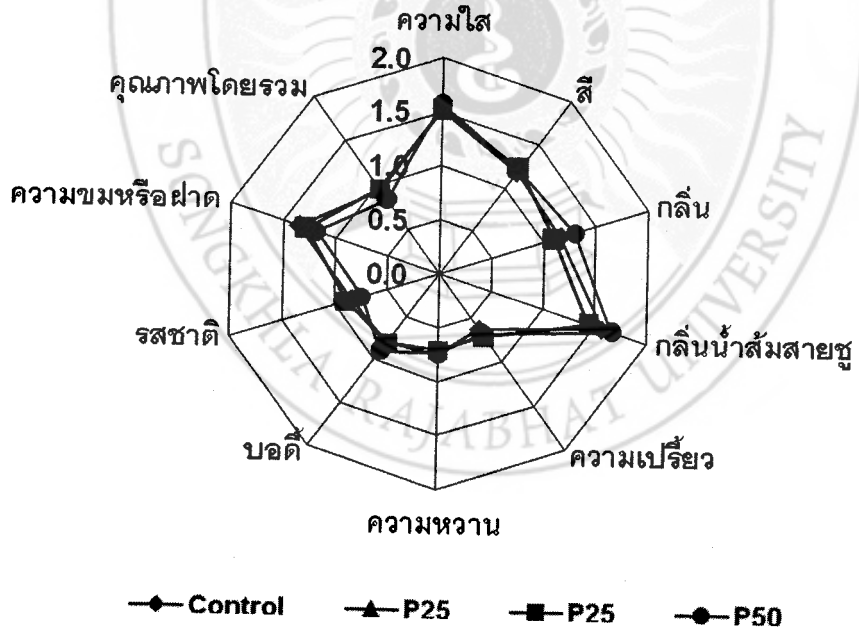
9-12 คะแนน เป็นไวน์ที่ยอมรับโดยผู้บริโภค มี defect บ้างเล็กน้อย

5-8 คะแนน เป็นไวน์ที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับ

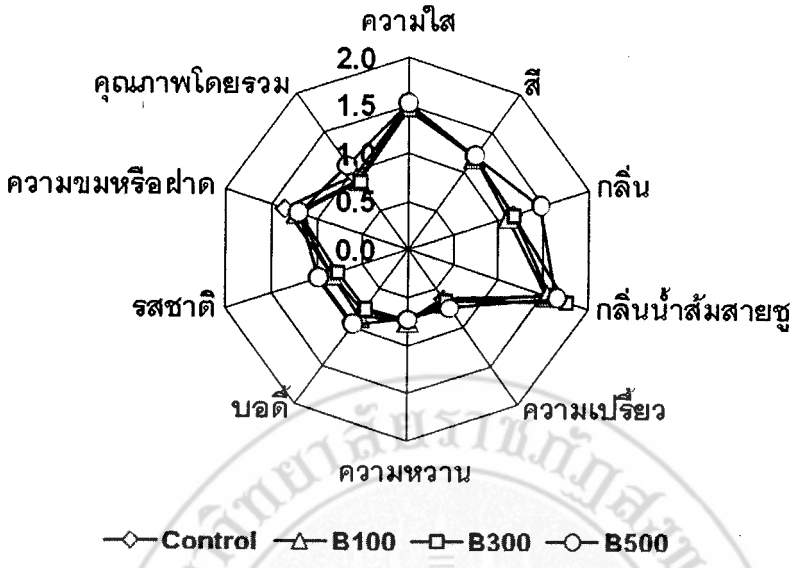
1-4 คะแนน เป็นไวน์เสีย



ภาพที่ 50 ภาพใยแมงมุมของผลการทดสอบชิมไวน์ลูกหว้าหลังจากทำใส



ภาพที่ 51 ภาพใยแมงมุมของผลการทดสอบชิมไวน์ลูกหว้าหลังทำใสโดยการเติมเอนไซม์เพคติเนสที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน



ภาพที่ 52 ภาพใยแมงมุมของผลการทดสอบชิมไวน์ลูกหว้าหลังทำใสโดยการเติมเบนโทไนท์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน