บทที่ 3

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ผลการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียและภูเก็ต

สับปะรดเป็นผลไม้ที่เหมาะสมต่อการผลิตไวน์ เนื่องจากในสับปะรดอุดมไปด้วยสารอาหารที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของยีสต์ที่หมักไวน์ (สันติ วงศ์สุวรรณ, 2532; Jayaraman *et al*., 1975; Morgan (1966); Will *et al*., 1986; Simpson *et al*., 1984; Gerald and Tilak, 1993) จากการทดลองหาองค์ประกอบของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียและพันธุ์ภูเก็ต (ตารางที่ 2) พบว่าสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย (Cayenne) มีองค์ประกอบทางเคมีมากกว่าสับปะรดพันธุ์ภูเก็ต (Queen) ในด้านปริมาตรน้ำผลไม้ (50.70 และ 37.04% ตามลำดับ) °Brix (13.43 และ 12.86% ตามลำดับ) กรดทั้งหมดที่วัดในรูปของซิตริก (1.43 และ 1.29% ตามลำดับ) น้ำตาลรีดิวซ์ (15.39 และ 13.35 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ) น้ำตาลทั้งหมด (19.29 และ 18.71 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตาม ลำดับ) ความชื้น (86.64 และ 86.05% ตามลำดับ) และเถ้า (3.63 และ 2.76% ตามลำดับ) องค์ประกอบที่มีใกล้เคียงกันคือ pH (3.97 และ 3.82 ตามลำดับ) และเพคติน (0.19 และ 0.18% ตามลำดับ) แต่สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียมีองค์ประกอบทางเคมีน้อยกว่าสับปะรดพันธุ์ภูเก็ตในด้านโปรตีน (0.17 และ 0.19 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ)

ผลการทดลองที่ได้ใกล้เคียงกับผลการทดลองของ Jayaraman และคณะ (1975) และ Morgan (1966) พบว่ามีปริมาตรน้ำสับปะรดที่คั้นได้ (50%) ความชื้น (84.9%) pH (3.5) ความหวาน (11.5°Brix) กรดทั้งหมดที่วัดในรูปของกรดซิตริก (0.87%) น้ำตาลทั้งหมด (10.8 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) และน้ำตาลรีดิวซ์ (11.4 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) เช่นเดียวกับการทดลองของ Callen และคณะ (1991) ที่มีผลการทดลองใกล้เคียงกันในด้านของปริมาตรน้ำสับปะรดที่คั้นได้ (47%) pH (4.1) กรดทั้งหมดที่วัดในรูปของกรดซิตริก (0.67%) และน้ำตาลทั้งหมด (11.91 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) และมีค่าใกล้เคียงกับการทดลองของ Wills และคณะ (1986) ในด้านของความชื้น (86%) กรดทั้งหมดที่แสดงในรูปของ (0.79%) น้ำตาลทั้งหมด (4.7 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) และโปรตีน (1.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) ส่วนเปอร์เซ็นต์เพคตินที่วัดได้มีปริมาณใกล้เคียงกับการทดลองของ Gerald และคณะ (1993) คือ (0.21%)

2. ผลการศึกษาการเจริญเติบโตของกล้าเชื้อยีสต์ 14 สายพันธุ์ที่ใช้ในการหมักไวน์สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียและภูเก็ต

Table 2 Chemical composition of pineapples (*Anas comosus (L) Merrr.* var Cayenne and

Queen)

Composition	Pineapple variety	
	Cayenne	Queen
Juice yield (%)	50.70±7.46	37.04±5.36
Moisture (%)	86.64±0.21	86.05±0.21
pH	3.97±0.13	3.82±0.22
°Brix	13.43±1.40	12.86±0.59
Pectin (%)	0.19±0.01	0.18±0.01
Total acidity as citric acid (%)	1.43±0.26	1.29±0.38
Total sugar as sucrose (mg/ml)	19.29±0.20	18.71±0.26
Reducing sugar as glucose (mg/ml)	15.39±3.39	13.35±2.71
Protein (mg/ml)	0.17±0.00	0.19±0.00
Ash (%)	3.63±0.00	2.76±0.00

Note : Mean ± standard deviation of three replication.

จากการเพาะเลี้ยงกล้าเชื้อยีสต์ทั้ง 14 สายพันธุ์ในน้ำสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่ 30°ซ เป็นเวลา 120 ชั่วโมง พบว่าการเจริญของยีสต์ (OD_{660}) ทั้ง 14 สายพันธุ์เป็นไปตามภาพที่ 7 โดยมีการเจริญเติบโตสูงสุด ณ ชั่วโมงที่ 48 และ pH ลดลงตามระยะเวลาเพาะเลี้ยงที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากระหว่างการเจริญของยีสต์เชื้อมีการตายเพิ่มขึ้นและมีการปล่อยของเสียออกมา ส่งผลให้อาหารเลี้ยงเชื้อมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น (Lawson and Sutherland, 1978; Clarke, 1991)

แต่ในการทดลองครั้งนี้ใช้หัวเชื้อที่มีการเจริญเติบโต ณ ชั่วโมงที่ 36 เนื่องจากก่อนเวลาที่เชื้อยีสต์จะมีปริมาณเซลล์สูงสุดนั้น (ณ ชั่วโมงที่ 48) เป็นช่วงระยะเวลาที่เหมาะสมที่ใช้เลี้ยงกล้าเชื้อที่จะใช้หมักไวน์ เนื่องจากเป็นช่วงที่กล้าเชื้อมีแอคติวิตี้สูงสุด

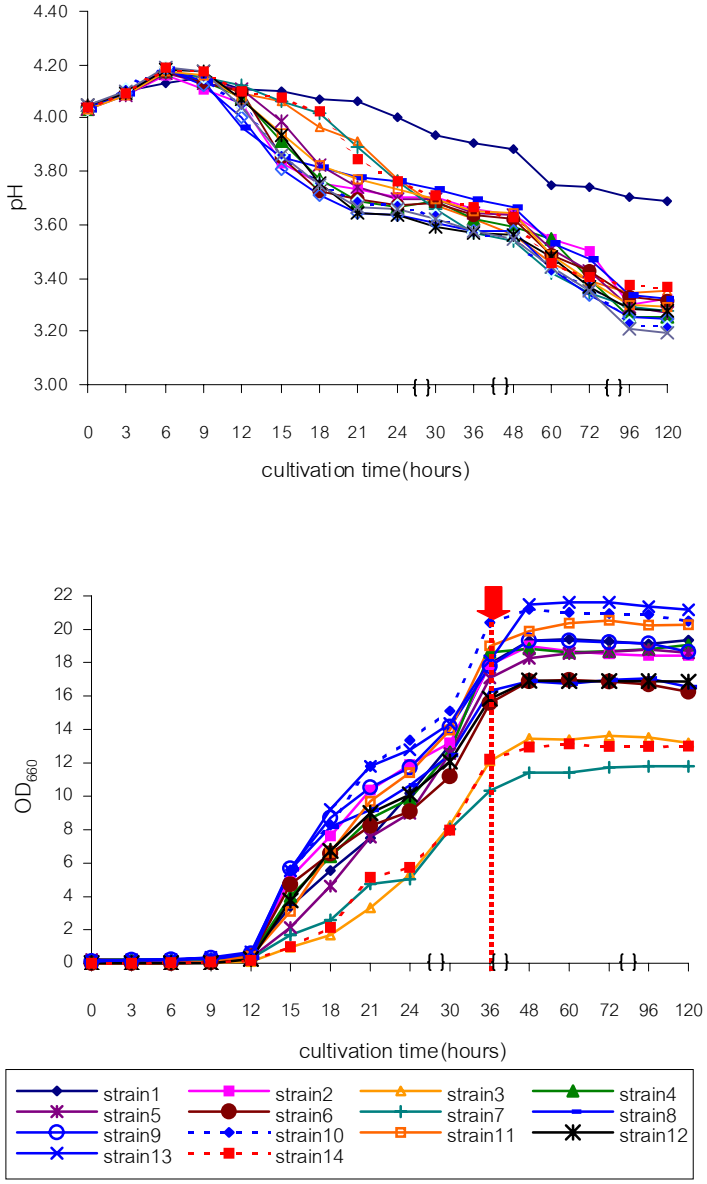
ดังนั้นในการหมักไวน์สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียจึงได้ใช้เซลล์ยีสต์ที่เพาะเลี้ยงในน้ำสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่ปรับสภาวะแล้วบนเครื่องหมุนเหวี่ยงที่ 30°ซ เป็นเวลา 36 ชั่วโมง มีการปรับ OD_{660} ให้มีจำนวนเซลล์ยีสต์ $2x10^8$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ซึ่งแต่สายพันธุ์ยีสต์ปรับเจือจางในอัตราไม่เท่ากัน โดยเทียบกับค่ามาตรฐานเชื้อยีสต์ดังภาคผนวก ค และใช้หัวเชื้อตั้งต้น 10% ในการหมักไวน์สับปะรดต่อไป

3. ผลการศึกษาสายพันธุ์ยีสต์ที่เหมาะสมในการหมักไวน์สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย

3.1. การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีระหว่างการหมักไวน์สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียด้วยเชื้อยีสต์ 14 สายพันธุ์

จากการหมักไวน์สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียด้วยเชื้อยีสต์ 14 สายพันธุ์ (กราฟการเจริญของเชื้อยีสต์แยกแต่ละสายพันธุ์ยีสต์แสดงดังภาคผนวก ง) ที่อุณหภูมิ 30°ซ เป็นเวลา 18 วัน พบว่าการเจริญเติบโตของเชื้อยีสต์ที่วัดในค่าการดูดกลืนแสงที่ 660 นาโนเมตร (OD_{660}) ของไวน์ที่หมักจากเชื้อยีสต์สายพันธุ์ที่ 3 (*S. cerevisiae* var. montrachet), 7 (*S. cerevisiae* var burgundy), 10 (*S. cerevisiae* DPA-16P), 11 (*S. cerevisiae* EC-118) และ 12 (*S. cerevisiae* BDX) มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันและจะให้ค่า OD_{660} สูงสุดในวันที่ 4 ของการหมัก ส่วนไวน์ที่หมักจากเชื้อยีสต์สายพันธุ์ที่ 1 (*S. cerevisiae*) และ 8 (*S. cerevisiae*) มีค่า OD_{660} สูงสุดในวันที่ 6 ไวน์ที่หมักจากเชื้อยีสต์ที่เหลือจะมีค่า OD_{660} สูงสุดในวันที่ 2 (ภาพที่ 8) การที่เชื้อยีสต์สายพันธุ์แตกต่างกันเจริญได้ไม่เท่ากันในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดเดียวกัน เนื่องจากเชื้อยีสต์แต่ละสายพันธุ์มีความสามารถที่จะเจริญในอาหารแตกต่างกัน (วิลาวัณย์ เจริญจิระตระกูล, 2536) พบว่าเมื่อเวลาการหมักผ่านไป OD_{660} มีแนวโน้มลดลง เนื่องมาจากการที่เชื้อยีสต์มีอัตราการตายเพิ่มขึ้น เมื่อยีสต์

ตายจะตกตะกอนลงสู่ก้นขวดทำให้น้ำผลไม้ใสขึ้น เมื่อสิ้นสุดการหมักไวน์จะมีค่า OD_{660} ลดลงจากเริ่มต้นมาก ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Torija และคณะ (2003) พบว่าเชื้อยีสต์จะมีปริมาณ



ภาพที่ 7 pH และ OD_{660} ของกล้าเชื้อยีสต์ 14 สายพันธุ์ในน้ำสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย (ที่อุณหภูมิ 30°ซ โดยการหมุนเหวี่ยง 200 รอบต่อนาที)

Figure 7 pH and OD_{660} of 14 yeast strains in the pineapple (Cayenne variety) juice at 30°C 200 rpm

สูงสุดในไวน์องุ่นที่หมักในวันที่ 2 เมื่อหมักที่ 30°ซ และหลังจากนั้นเชื้อยีสต์ลดลงอย่างรวดเร็ว

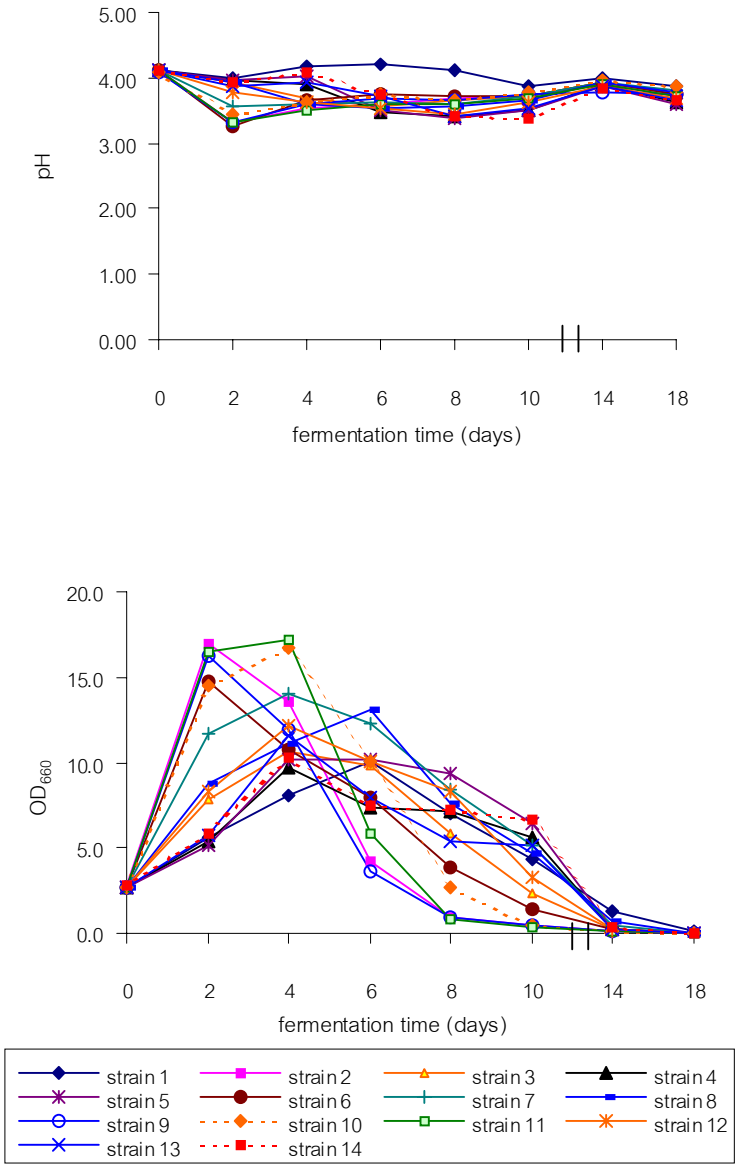
การลดลงของเชื้อยีสต์สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลง pH ที่มีการลดลงอย่างเห็นได้ชัดในวันที่ 2 และหลังจากนั้นมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย เนื่องจากระหว่างเชื้อยีสต์เจริญเติบโตมีการปล่อยของเสียออกนอกเซลล์ทำให้ pH ลดลง และเมื่อการหมักไวน์สิ้นสุดลงในวันที่ 18 ของการหมัก (ตารางที่ 3) pH สุดท้ายอยู่ในช่วง 3.61-3.87 (ภาพที่ 8)

เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำตาลที่เปลี่ยนแปลงระหว่างการหมักไวน์ พบว่าน้ำตาลทั้งหมดจะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงวันที่ 0-2 แต่น้ำตาลรีดิวซ์มีการเปลี่ยนแปลงลดลงอย่างเห็นได้ชัดในวันที่ 0-6 ของการหมัก ไวน์ที่มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์คงเหลือมากที่สุดเมื่อสิ้นสุดการหมักคือไวน์ที่หมักจากเชื้อยีสต์สายพันธุ์ที่ 1 (*S. cerevisiae*), 13 (*S. cerevisiae* V-116) และ 8 (*S. cerevisiae*) ตามลำดับ (ภาพที่ 9) จากการทดลองพบว่า °Brix ลดลงตลอดระยะเวลาการหมัก (ภาพที่ 10) °Brix คงเหลือมากที่สุดในไวน์ที่หมักด้วยเชื้อสายพันธุ์ที่ 1 (*S. cerevisiae*) เมื่อสังเกตด้วยตาจะเห็นชัดว่าเป็นไวน์ที่ขุ่นที่สุด เช่นเดียวกับการทดลองของ Mateo และคณะ (2001) พบว่าปริมาณน้ำตาลที่เหลือหลังจากสิ้นสุดการหมักไวน์เป็นปัจจัยหลักในการพิจารณาความสามารถในการหมักไวน์ของยีสต์

จากการทดลองพบว่าแอลกอฮอล์ในไวน์มีการเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัดในช่วง 0-6 วันของการหมักไวน์ (ภาพที่ 10) และมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยจนสิ้นสุดการหมักไวน์ แอลกอฮอล์ที่วัดได้เมื่อสิ้นสุดการหมักไวน์อยู่ในช่วง 8.92% (สายพันธุ์ที่ 1 (*S. cerevisiae*)) –13.24% (สายพันธุ์ที่ 2 (*S. cerevisiae* var. burgandy)) การใส่น้ำตาลในน้ำผลไม้ที่จะนำมาหมักจำเป็นในแง่ของการผลิตแอลกอฮอล์ให้ได้ 10-12% (Cruess, *et al.*, 1955) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Torija และคณะ (2003) พบว่าการลดลงของน้ำตาลระหว่างการหมักไวน์องุ่นจะสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของแอลกอฮอล์ เนื่องจากเชื้อยีสต์มีการใช้น้ำตาลเป็นแหล่งอาหารและผลิตแอลกอฮอล์ออกมาแทน Gil และคณะ (1996) พบว่าเชื้อยีสต์ที่หมักไวน์ได้เร็วและดี เมื่อสิ้นสุดขบวนการหมักจะทำให้ไวน์มีปริมาณน้ำตาลคงเหลืออยู่น้อย

จากการทดลองพบว่าปริมาณกรดทั้งหมดที่วัดในรูปของกรดซิตริกเพิ่มขึ้นเล็กน้อยโดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.96-1.14% (ภาพที่ 11) การหมักไวน์ด้วยสายพันธุ์ยีสต์ต่างกันผลิตแอลกอฮอล์แตกต่าง เนื่องจากยีสต์มีความสามารถในการหมักน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์ได้แตกต่างกัน จึงมีกรดทั้งหมด ความขุ่น สีและกลิ่นรส ปริมาณกรดที่ระเหยได้ และน้ำตาลแตกต่างกัน (อรุณ จันทนโอ, 2499; ประดิษฐ์ ครุวัณณา และคณะ, 2530; **เชิดชัย เชี่ยวธีร□□** และคณะ, 2519; Khattak

et al, 1965; Fuleki, 1965; Ayogu, 1999; Carera *et al*, 1988) อย่างไรก็ตามจากการทดลองของ



ภาพที่ 8 การเปลี่ยนแปลงของ pH และ OD_{660} ของไวน์สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่หมักด้วยเชื้อยีสต์ 14 สายพันธุ์ที่อุณหภูมิ 30°ซ

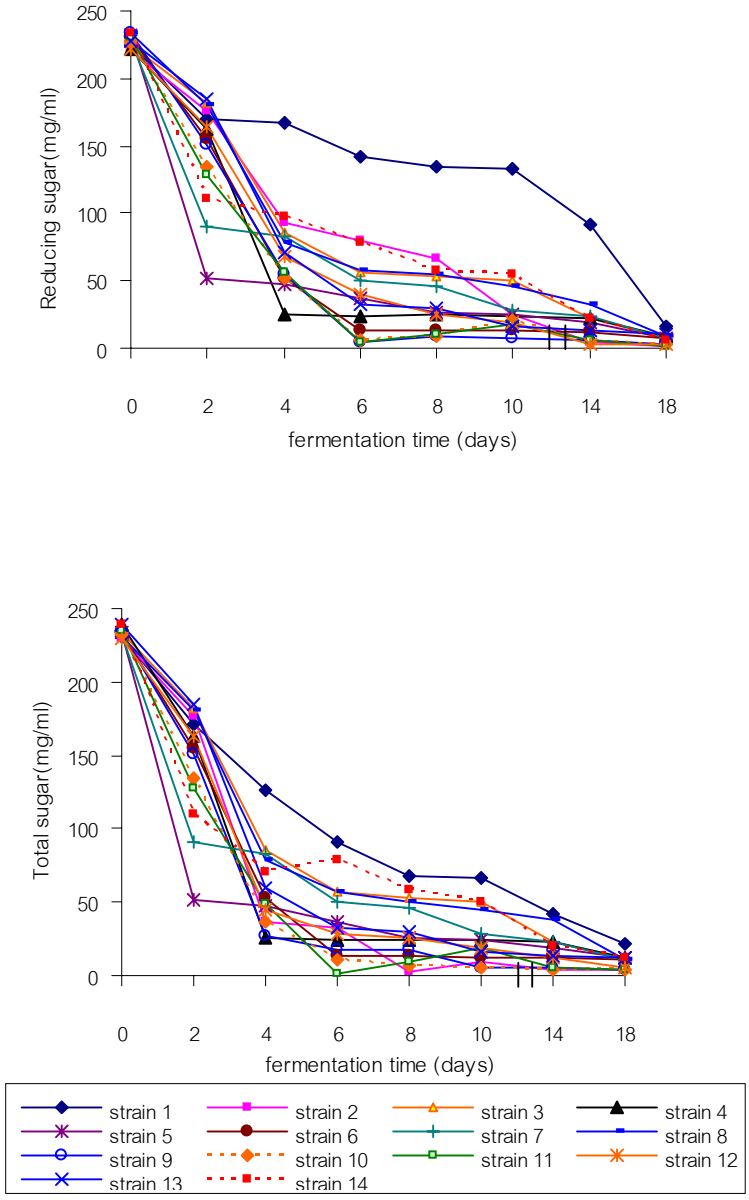
Figure 8 Changes of pH and OD_{660} during fermentation of pineapple (Cayenne variety) wine by14 yeast strains at 30°C

ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางเคมีของไวน์สับปะรด (พันธุ์ปัตตาเวีย)ที่หมักด้วยยีสต์ 14 สายพันธุ์ เป็นเวลา 18 วัน

Table 3 Chemical compositions of pineapple (Cayenne variety) wine fermented with 14 yeast strains for 18 days.

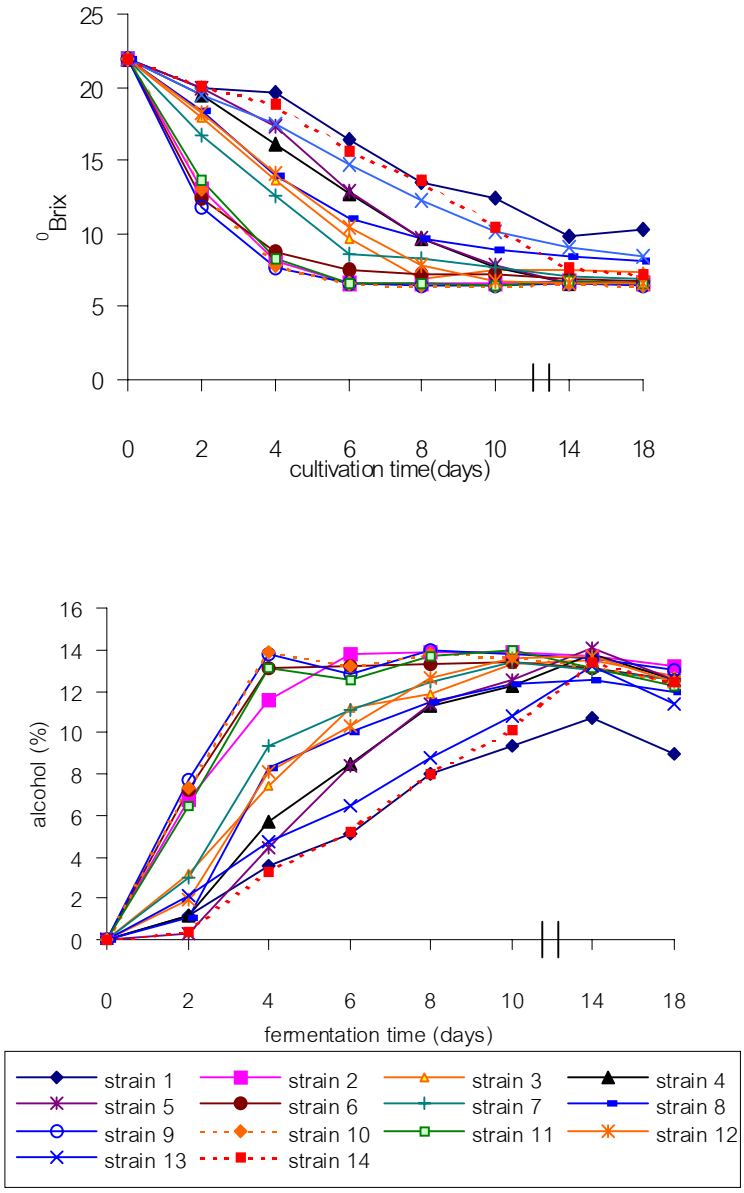
Yeast strain	pH	Turbidity (OD_{660})	Total sugar (mg/ml)	Reducing sugar (mg/ml)	Total acidity as citric acid (%)	Alcohol (% v/v)	°Brix
1	3.87±0.16^{a}	0.16±0.07^{a}	21.41±0.20^{a}	15.79±2.99^{a}	1.29±0.22^{a}	8.92±1.38^{c}	10.53±0.81^{a}
2	3.76±0.06^{bcd}	0.01±0.01^{b}	3.67±0.18^{d}	1.78±0.26^{d}	1.14±0.03^{a}	13.24±0.87^{a}	6.67±0.12^{c}
3	3.74± 0.02^{bcde}	0.01±0.00^{b}	10.47±2.96^{bc}	6.95±0.64^{bc}	1.04±0.02^{abc}	12.72±0.55^{ab}	7.33±0.31^{c}
4	3.64±0.03^{ef}	0.02±0.02^{b}	12.34±1.02^{b}	8.29±1.66^{bc}	1.04±0.06^{abc}	12.55±0.66^{ab}	6.63±0.67^{c}
5	3.61±0.03^{f}	0.02±0.01^{b}	12.13±0.72^{b}	7.86±1.76^{bc}	0.99±0.03^{bc}	12.52±1.22^{ab}	6.53±0.12^{c}
6	3.75±0.02^{bcd}	0.02±0.01^{b}	11.39±3.38^{bc}	7.39±1.15^{bc}	1.02±0.06^{abc}	12.52±0.30^{ab}	6.80±0.20^{c}
7	3.81±0.05^{ab}	0.02±0.01^{b}	10.83±1.63^{bc}	7.21±0.43^{bc}	1.02±0.03^{abc}	12.52±0.29^{ab}	6.87±0.98^{c}
8	3.77±0.03^{bc}	0.02±0.01^{b}	11.41±1.43^{bc}	9.57±0.29^{b}	0.96±0.00^{bc}	11.92±0.99^{ab}	8.20±0.20^{b}
9	3.75±0.03^{bcd}	0.05±0.02^{b}	4.54±0.41^{d}	2.49±0.22^{d}	1.08±0.03^{abc}	12.99±0.51^{a}	6.47±0.12^{c}
10	3.87±0.02^{a}	0.05±0.06^{b}	4.26±0.94^{d}	2.24±0.19^{d}	1.10±0.05^{ab}	12.47±0.62^{ab}	6.47±0.12^{c}
11	3.73± 0.01^{bcde}	0.02±0.01^{b}	4.28±0.91^{d}	2.14±0.19^{d}	1.15±0.00^{ab}	12.25±0.18^{ab}	6.60±0.00^{c}
12	3.69±0.03^{cdef}	0.05±0.06^{b}	6.04±0.12^{cd}	2.88±0.87^{d}	1.06±0.05^{abc}	12.39±0.26^{ab}	6.57±0.55^{c}
13	3.66±0.06^{def}	0.03±0.01^{b}	12.11±0.36^{b}	10.20±1.56^{b}	1.12±0.09^{ab}	11.36±0.37^{b}	8.47±0.31^{b}
14	3.64±0.01^{ef}	0.03±0.00^{b}	12.50±01.18^{b}	5.40±1.22^{cd}	1.07±0.03^{abc}	12.37±0.82^{ab}	7.27±0.23^{c}

Note : Mean ± standard deviation of three replications and the same superscripts-letter means not significantly different ($P>0.05$)



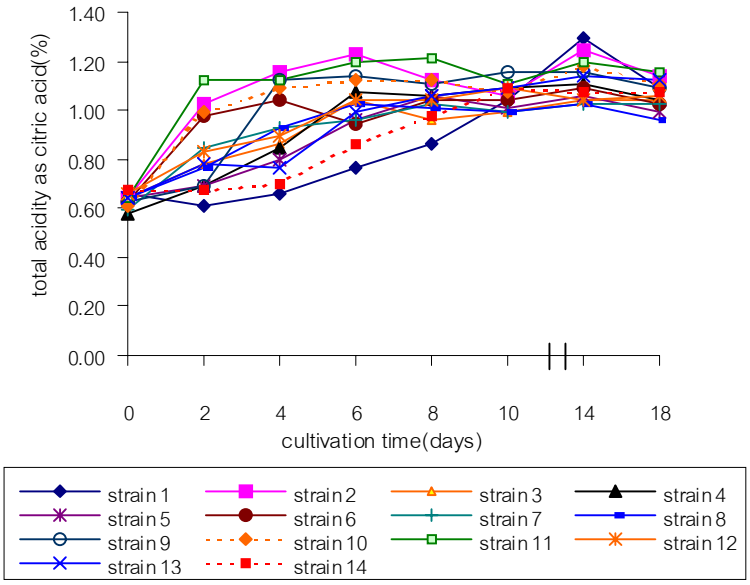
ภาพที่ 9 การเปลี่ยนแปลงของน้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลทั้งหมดระหว่างหมักไวน์สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียโดยเชื้อยีสต์ 14 สายพันธุ์ที่อุณหภูมิ 30°ซ

Figure 9 Changes of reducing sugar and total sugar during fermentation of the Pineapple (Cayenne variety) wine fermented by14 yeast strains at 30°C



ภาพที่ 10 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณของแข็งที่ละลายได้และแอลกอฮอล์ระหว่างหมักไวน์สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียโดยเชื้อยีสต์ 14 สายพันธุ์ในน้ำที่อุณหภูมิ 30°ซ

Figure 10 Changes of °Brix and alcohol during fermentation of pineapple (Cayenne variety) wine fermented by14 yeast strains at 30°C



ภาพที่ 11 การเปลี่ยนแปลงของกรดทั้งหมดที่วัดในรูปของกรดซิตริกระหว่างหมักไวน์สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียโดยเชื้อยีสต์ 14 สายพันธุ์ที่อุณหภูมิ 30°ซ

Figure 11 Changes of total acidity as citric acid during fermentation of pineapple (Cayenne variety) wine fermented by14 yeast strains at 30°C

ไพโรจน์ วิริยจารี และ จันทร์หอม สมสงวน (2535) ที่พบว่าไวน์สตรอเบอรี่ที่หมักด้วยเชื้อยีสต์ *Saccharomyces* 3 สายพันธุ์ไม่มีความแตกต่างในด้าน pH ความเป็นกรด ปริมาณแอลกอฮอล์ และปริมาณของแข็งที่ละลายได้

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของไวน์สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่หมักด้วยเชื้อยีสต์ 14 สายพันธุ์หลังจากหมักได้ 18 วัน (ตารางที่ 3) พบว่าไวน์ที่มีปริมาณแอลกอฮอล์สูงสุด (13.24%) และต่ำสุด (8.92%) คือ ไวน์ที่หมักด้วยเชื้อยีสต์สายพันธุ์ที่ 2 (*S. cerevisiae* var. burgandy) และไวน์ที่หมักจากเชื้อยีสต์สายพันธุ์ที่ 1 (*S. cerevisiae*) ตามลำดับ และพบว่าไวน์ที่หมักด้วยเชื้อยีสต์สายพันธุ์ที่ 1 (*S. cerevisiae*) มีน้ำตาลคงเหลือมากที่สุด (10.53°Brix)

3.2 ผลการทดสอบชิมไวน์สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่หมักด้วยเชื้อยีสต์ 14 สายพันธุ์

หลังจากสิ้นสุดการหมักไวน์สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่หมักด้วยเชื้อยีสต์ 14 สายพันธุ์ นำไวน์ทั้งหมดไปบ่มที่อุณหภูมิ 4°ซ เป็นเวลา 3 เดือน แล้ววิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีได้ผลดังตารางที่ 4 พบว่าส่วนใหญ่องค์ประกอบต่างๆของไวน์จะลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับไวน์ที่หมักเสร็จใหม่ๆ ไวน์ที่หมักด้วยเชื้อยีสต์สายพันธุ์ที่ 2 (*S. cerevisiae* var. burgandy) มีแอลกอฮอล์สูงสุด (13.01%) และไวน์ที่หมักจากเชื้อยีสต์สายพันธุ์ที่ 1 (*S. cerevisiae*) มีแอลกอฮอล์ต่ำสุด (10.13%)

จากการทดสอบชิมหลังจากบ่มไวน์ที่ 4°ซ เป็นเวลา 3 เดือน (ภาคผนวก ซ) พบว่าไวน์สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่หมักด้วยเชื้อ 14 สายพันธุ์ได้รับคะแนนการทดสอบชิมแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ในด้าน ความใส สี กลิ่นผลไม้ รสชาติ กลิ่นน้ำส้มสายชู คุณภาพโดยรวม และคะแนนรวม แต่คะแนนด้านตัวตน (body) ไม่แตกต่างกัน ($P<0.05$) เนื่องจากเชื้อยีสต์ที่สายพันธุ์แตกต่างกันเมื่อนำมาหมักไวน์จะให้กลิ่นรสในไวน์ในปริมาณที่แตกต่างกัน จึงส่งผลโดยตรงต่อการทดสอบชิม (**เชิดชัย เชี่ยวธีรกุล** และคณะ, 2519; ประดิษฐ์ ครุวัณณา และคณะ, 2521; ไพโรจน์ วิริยจารี และ จันทร์หอม สมสงวน, 2535; Cortes, *et al.,* 1998 ,1999 อ้างโดย Plata, *et al*., 2003; Mateo, *et al*., 2001; Fuleki, 1965; Venkataramu *et al*., 1977; Iranzo *et al*., 1999) ไวน์สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่ได้รับคะแนนการทดสอบชิมมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) คือ ไวน์ที่หมักจากเชื้อยีสต์สายพันธุ์ที่ 8 (*S. cerevisiae*), 13 (*S. cerevisiae* V-116), 4 (*S. cerevisiae* var. sake) และ 7 (*S. cerevisiae* var. burgandy) ตามลำดับ ไวน์ที่หมักจากเชื้อยีสต์สายพันธุ์ที่ 8 และ 13 เป็นไวน์ที่มีน้ำตาลคงเหลืออยู่มากเมื่อเปรียบเทียบกับไวน์ที่หมักด้วย

เชื้อยีสต์สายพันธุ์ที่ 4 การทดสอบชิมไวน์สับปะรดโดยนักศึกษาปริญญาโทคณะอุตสาหกรรมเกษตร ซึ่งมีประสบการณ์ในการทดสอบชิมไวน์ไม่มากนัก จะเห็นได้ว่าผู้ชิมไวน์ส่วนใหญ่ชอบไวน์ที่มีปริมาณแอลกอฮอล์

ตารางที่ 4 องค์ประกอบของไวน์สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่หมักด้วยยีสต์ 14 สายพันธุ์ หลังจากบ่มที่ 4°ซ เป็นเวลา 3 เดือน

Table 4 Chemical compositions of pineapple (Cayenne variety) wine fermented with 14 yeast strains after aging at 4°C for 3 months.

Yeast strain	pH	Turbidity (OD_{660})	Total sugar (mg/ml)	Reducing sugar (mg/ml)	Total acidity as citric acid (%)	Alcohol (% v/v)	°Brix
1	3.80±0.18^{a}	0.015±0.013^{a}	16.52±0.57^{a}	13.02±0.70^{a}	1.20±0.13^{a}	10.13±0.32^{c}	10.40±0.40^{a}
2	3.74±0.02^{ab}	0.004±0.003^{a}	1.41±0.04^{gh}	1.35±0.08^{d}	1.07±0.07^{abc}	13.01±1.47^{a}	6.13±0.23^{de}
3	3.72±0.00^{abc}	0.006±0.000^{a}	9.29±0.44^{d}	2.53±0.46^{bcd}	0.99±0.03^{c}	11.91±0.49^{ab}	6.87±0.12^{c}
4	3.60±0.02^{d}	0.008±0.003^{a}	5.61±0.39^{ef}	5.52±0.45^{cd}	1.06±0.09^{bc}	12.23±0.87^{ab}	6.13±0.12^{de}
5	3.63±0.03^{cd}	0.004±0.001^{a}	6.38±0.33^{ef}	5.20±0.24^{cd}	0.98±0.02^{c}	12.09±0.69^{ab}	6.07±0.12^{e}
6	3.75±0.03^{ab}	0.005±0.001^{a}	6.47±0.19^{c}	6.15±0.21^{a}	1.01±0.08^{c}	12.59±0.42^{ab}	6.73±0.12^{cd}
7	3.67±0.02^{bcd}	0.007±0.003^{a}	7.41±0.04^{de}	7.03±0.26^{bcd}	0.99±0.07^{c}	12.48±1.07^{ab}	6.53±0.12^{cde}
8	3.74±0.02^{ab}	0.004±0.002^{a}	10.68±0.29^{b}	7.99±0.30^{bc}	0.96±0.00^{c}	11.23±0.19^{bc}	8.13±0.12^{b}
9	3.73±0.01^{ab}	0.006±0.003^{a}	1.11±0.06^{h}	0.60±0.16^{cd}	1.08±0.05^{abc}	12.53±0.37^{a}	6.27±0.23^{de}
10	3.78±0.01^{abc}	0.005±0.001^{a}	2.04±0.04^{fgh}	0.79±0.16^{cd}	1.06±0.09^{bc}	12.69±0.50^{ab}	6.13±0.12^{de}
11	3.71±0.02^{abc}	0.006±0.002^{a}	2.26±0.16^{fgh}	0.94±0.03^{cd}	1.15±0.00^{ab}	12.42±0.28^{ab}	6.13±0.12^{de}
12	3.66±0.04^{bcd}	0.009±0.001^{a}	2.38±0.01^{fg}	2.25±0.00^{b}	1.01±0.05^{c}	12.55±0.25^{ab}	6.20±0.00^{de}
13	3.63±0.03^{cd}	0.007±0.001^{a}	8.97±2.26^{c}	6.72±0.15^{bcd}	1.09±0.07^{abc}	11.58±0.79^{abc}	7.93±1.01^{b}
14	3.63±0.01^{cd}	0.019±0.026^{a}	11.61±0.01^{c}	5.32±0.21^{cd}	0.99±0.11^{c}	11.21±1.78^{bc}	7.00±0.35^{c}

Note : Mean ± standard deviation of three replications and the same superscripts-letter means not significantly different ($P>0.05$)

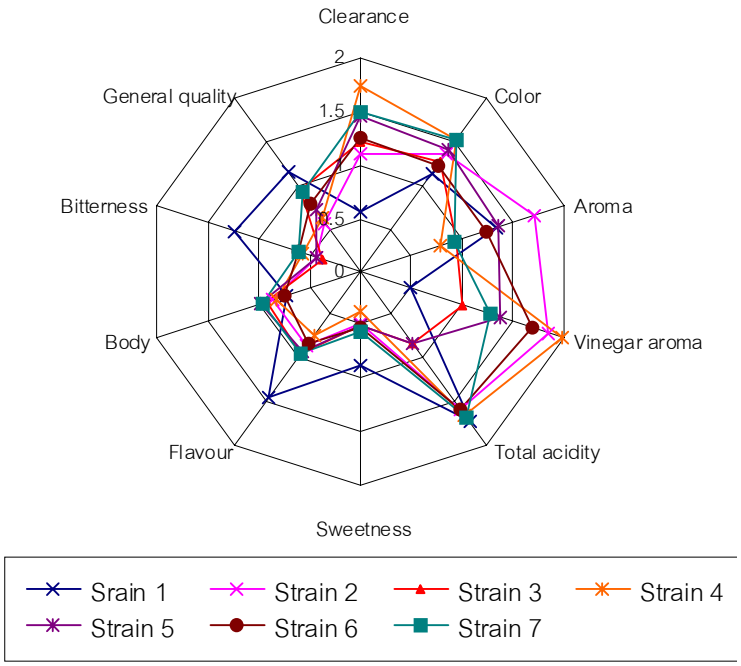
ปานกลางและมีรสหวานอยู่บ้าง ซึ่งไวน์ดังกล่าวนี้ในต่างประเทศจะได้รับความนิยมจากผู้ซื้อที่เป็นสุภาพสตรีและผู้ที่เริ่มต้นดื่มไวน์ (ประดิษฐ์ ครุวัณณา และคณะ, 2521) ถ้าไวน์มีปริมาณแอลกอฮอล์ต่ำจะทำให้ไวน์ที่หมักได้มีกลิ่นอ่อน (Bell, 1989, Zoechkein, 1995) และเป็นไปตามการทดลองของ Souferos และคณะ (2001) พบว่าปริมาณน้ำตาลที่คงเหลือมีผลต่อการทดสอบชิมปริมาณแอลกอฮอล์ในไวน์ น้ำตาลและแอลกอฮอล์เป็นสารที่ต้องมีปริมาณพอเหมาะในไวน์จึงจะทำให้ไวน์มีรสชาติดี การที่ไวน์มีปริมาณน้ำตาลเล็กน้อยจะทำให้ได้รับการยอมรับมากขึ้น

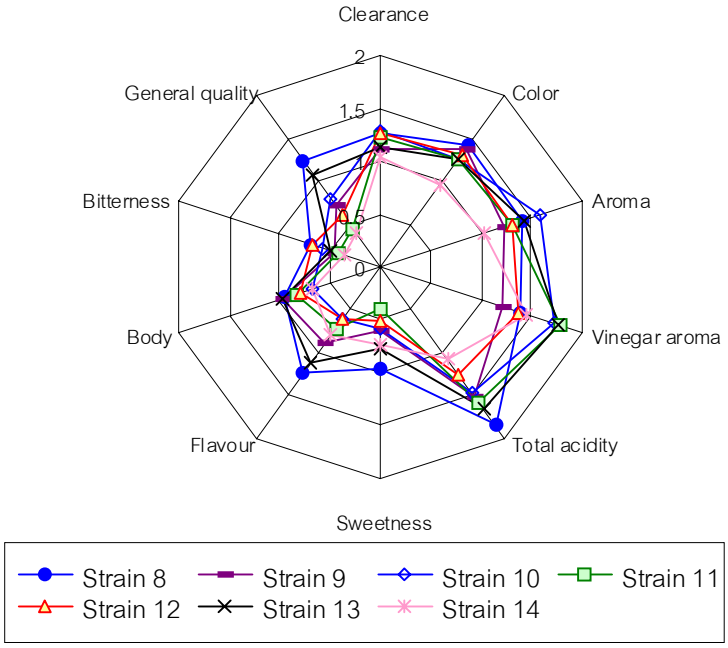
เมื่อพิจารณาการยอมรับในด้านการทดสอบชิมของผู้ทดสอบชิมไวน์สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่หมักด้วยเชื้อยีสต์ 14 สายพันธุ์ (ภาพที่ 12) พบว่าไวน์สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่หมักด้วยเชื้อยีสต์สายพันธุ์ที่ 4 (*S. cerevisiae* var. sake) ได้รับการยอมรับมากที่สุดในด้านความใสและกลิ่นน้ำส้มสายชู แต่ได้รับการยอมรับน้อยที่สุดในด้านกลิ่นผลไม้ โดยไวน์ที่หมักด้วยเชื้อยีสต์สายพันธุ์ที่ 2 (*S. cerevisiae* var. burgandy) ได้รับการยอมรับทางด้านกลิ่นมากที่สุด ไวน์สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่หมักด้วยเชื้อยีสต์สายพันธุ์ที่ 1 (*S. cerevisiae*) ได้รับการยอมรับมากที่สุดทางด้านกลิ่นและความขม แต่ได้รับการยอมรับน้อยทางด้านความใสและกลิ่นน้ำส้มสายชู และไวน์ที่หมักด้วยเชื้อยีสต์สายพันธุ์ 8 (*S. cerevisiae*) ได้รับการยอมรับมากที่สุดในด้านคุณภาพโดยรวม ความหวาน และกรดทั้งหมด แต่เมื่อพิจารณาโดยรวมแล้วพบว่าไวน์สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่หมักด้วยเชื้อยีสต์สายพันธุ์ที่ 8 (*S. cerevisiae*), 13 (*S. cerevisiae* V-116), 4 (*S. cerevisiae* var. sake) และ 7 (*S. cerevisiae* var. burgandy) ได้รับการยอมรับมากด้านความใส สี กลิ่นผลไม้ กลิ่นน้ำส้มสายชู กรด ความหวาน รสชาติ ตัวตน ความขม คุณภาพโดยทั่วไป และคะแนนรวม จึงคัดเลือกเชื้อยีสต์สายพันธุ์ดังกล่าวเป็นกล้าเชื้อในการหมักไวน์สับปะรดสำหรับการทดลองขั้นต่อไป

4 ผลการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บบ่มไวน์สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่หมักจากเชื้อยีสต์ 4 สายพันธุ์ที่ 4°ซ เป็นระยะเวลา 6 เดือน

จากการศึกษาผลของการเก็บบ่มไวน์สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่หมักด้วยเชื้อยีสต์ 4 สายพันธุ์ที่คัดเลือกนำมาบ่มที่ 4°ซ ต่ออีก 3 เดือน จนครบ 6 เดือน (ภาพที่ 13 และ14) พบว่าองค์ประกอบทางเคมีของไวน์สับปะรดมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย โดยที่ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (°Brix) และกรดทั้งหมดที่วัดในรูปของกรดซิตริกลดลงเพียงเล็กน้อย (ภาพที่ 13) แอลกอฮอล์ลดลงเพียงเล็กน้อย ในช่วง 15 ถึง 30 วันของการบ่ม หลังจากนั้นค่อนข้างคงที่ตลอดระยะ

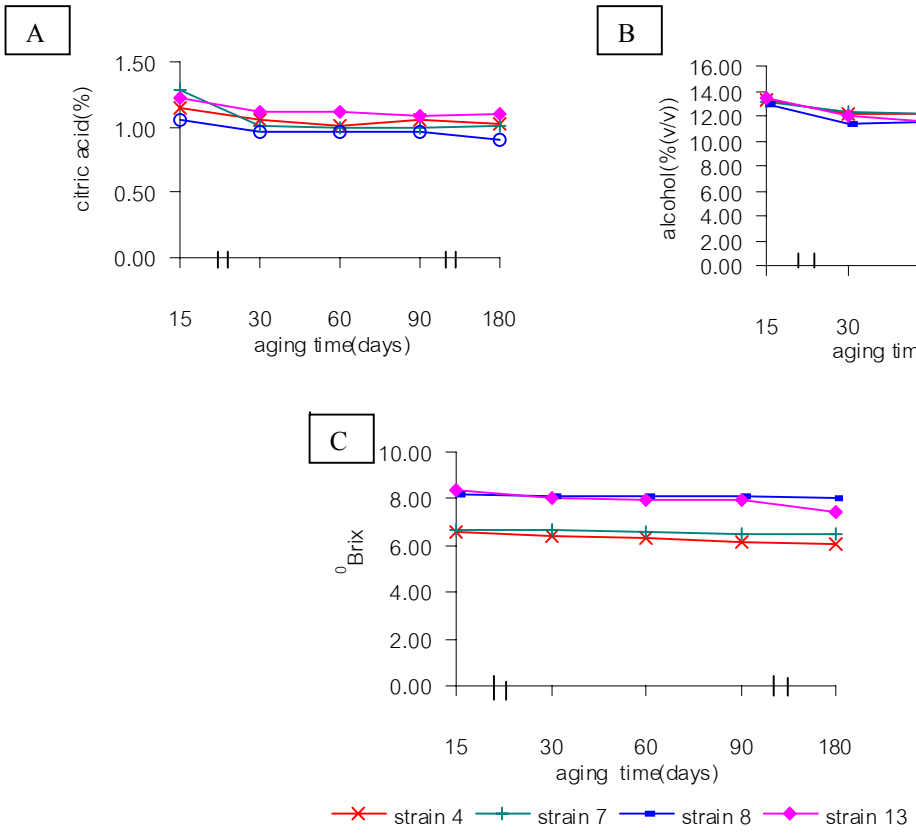
เวลาการบ่ม (ภาพที่ 13) pH ลดลงและความใส (OD_{660}) เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดในช่วง 15 ถึง 30 วัน





ภาพที่ 12 ภาพใยแมงมุมของการทดสอบชิมไวน์สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่หมักด้วยเชื้อยีสต์ 14 สายพันธุ์

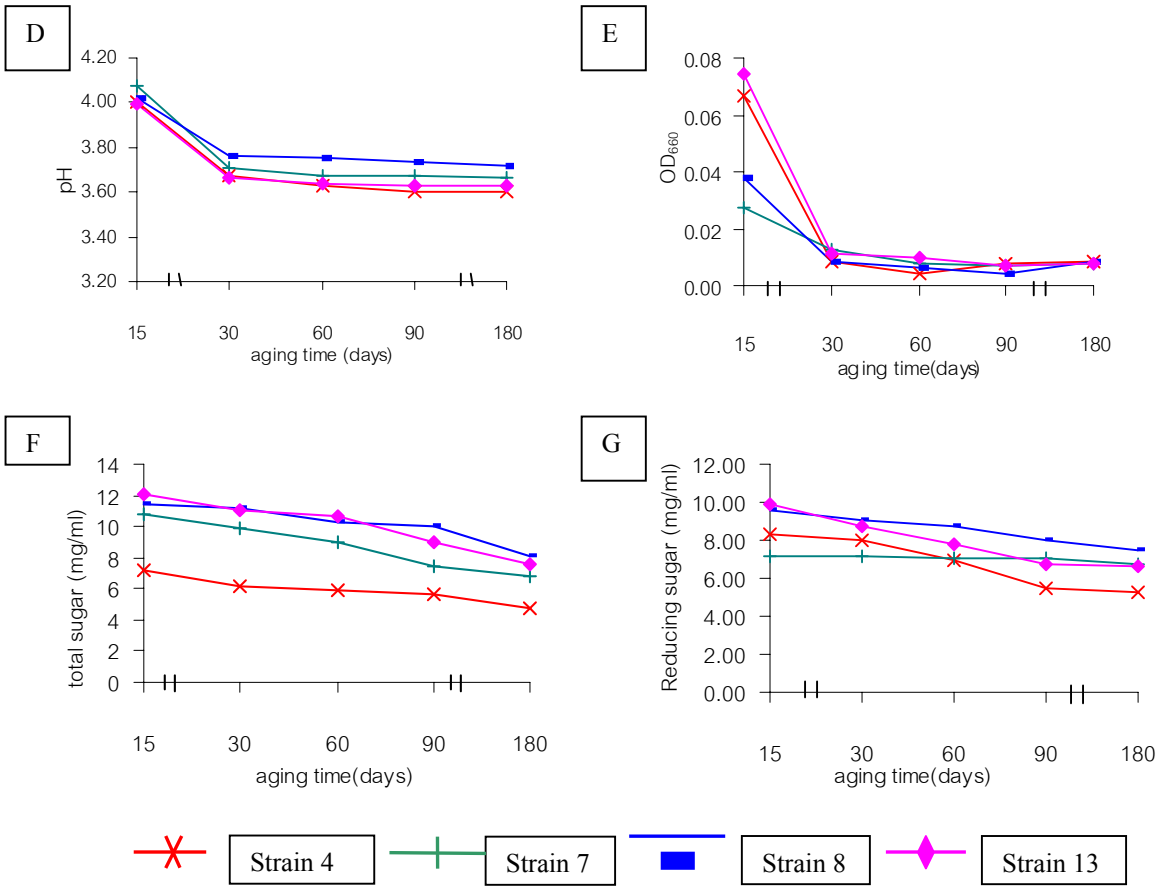
Figure 12 Radar chart of sensory evaluation of pineapple (Cayenne variety) wine fermented with 14 yeast strains



ภาพที่ 13 การเปลี่ยนแปลงของกรดทั้งหมดที่วัดในรูปของกรดซิตริก (A) แอลกอฮอล์ (B) และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (C) ระหว่างการบ่มไวน์สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่หมักด้วยเชื้อยีสต์ 4 สายพันธุ์ที่ 4°ซ

Figure 13 Change of total acidity as citric acid (A), alcohol (B) and °Brix (C) during aging of pineapple (Cayenne variety) wines fermented with 4 selected yeast strains at 4°C

Note : 4 selected yeast strains are 4 (*S. cerevisiae* var sake), 7 (*S. cerevisiae* var burgandy), 8 (*S. cerevisiae*) and 13 (*S. cerevisiae* V-116)



ภาพที่ 14 การเปลี่ยนแปลงของ pH (D) OD_{660} (E) น้ำตาลทั้งหมด (F) และน้ำตาลรีดิวซ์ (G) ระหว่างการบ่มไวน์สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่หมักด้วยเชื้อยีสต์ 4 สายพันธุ์ที่ 4°ซ

Figure 14 Change of pH (D), OD_{660} (E), total sugar (F) and reducing sugar (G) during aging of pineapple (Cayenne variety) wines fermented with 4 selected yeast strains at 4°C

Note : 4 selected yeast strains are 4 (*S. cerevisiae* var sake), 7 (*S. cerevisiae* var burgandy), 8 (*S. cerevisiae*) and 13 (*S. cerevisiae* V-116)

ของการบ่ม หลังจากนั้น pH และ OD_{660} จะค่อนข้างคงที่ (ภาพที่ 14) น้ำตาลทั้งหมดและน้ำตาลรีดิวซ์ลดลงเล็กน้อยตลอดระยะเวลาการบ่ม (ภาพที่ 14) ยกเว้นไวน์ที่หมักด้วยเชื้อยีสต์สายพันธุ์ที่ 4 และ 13 ที่น้ำตาลรีดิวซ์อย่างเห็นได้ชัดในช่วงระยะเวลาการบ่มที่ 15 ถึง 90 วัน หลังจากนั้นค่อนข้างคงที่ (ภาพที่ 14) เนื่องมาจากยังคงมีปริมาณน้ำตาลเหลือทำให้เชื้อยีสต์ที่ตะกอนสามารถที่ใช้น้ำตาลในการดำรงชีวิตต่อไปได้ (Salmon *et al.,* 2000)

5 ผลของพันธุ์สับปะรด ระดับการเจือจาง และสายพันธุ์ยีสต์ต่อการหมักไวน์สับปะรด

5.1 การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีระหว่างการหมักไวน์สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียและภูเก็ตที่ระดับการเจือจาง 3 ระดับที่หมักด้วยเชื้อยีสต์ 4 สายพันธุ์

การศึกษาผลของพันธุ์สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย (Cayenne) และพันธุ์ภูเก็ต (Queen) ในการหมักไวน์ด้วยเชื้อยีสต์ 4 สายพันธุ์ที่ได้รับคะแนนการทดสอบชิมสูงสุดจากการทดลองที่ 3 ที่ระดับการเจือจาง 3 ระดับ (1:1, 1:2 และ 1:3) (ภาคผนวก จ) พบว่าสายพันธุ์สับปะรดมีผลเล็กน้อยต่อองค์ประ กอบทางเคมีของไวน์สับปะรดในด้าน OD_{660} pH น้ำตาลทั้งหมด น้ำตาลรีดิวซ์ °Brix แอลกอฮอล์ และกรดทั้งหมดที่วัดในรูปของกรดซิตริก เมื่อเพิ่มระดับการเจือจางน้ำสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียและพันธุ์ภูเก็ตเชื้อยีสต์ทุกสายพันธุ์เจริญได้น้อยลง เชื้อยีสต์สายพันธุ์ที่เจริญได้ดีที่สุดในไวน์สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่เจือจาง 1:1 คือ *S. cerevisiae* var. sake และเชื้อยีสต์สายพันธุ์ที่เจริญได้ดีในไวน์สับปะรดพันธุ์ภูเก็ตที่เจือจาง 1:1 คือ *S. cerevisiae* V-116 เนื่องจากการเจือจางน้ำผลไม้เป็นการเจือจางสารอาหารในน้ำผลไม้ด้วย จึงทำให้ยีสต์จึงเจริญได้ไม่ดี การเจริญของเชื้อยีสต์สอดคล้องกับปริมาณแอลกอฮอล์ที่เพิ่มขึ้นในไวน์สับปะรดทั้ง 2 พันธุ์ เช่นเดียวกับการลดลงของน้ำตาลทั้งหมด น้ำตาลรีดิวซ์ และ°Brix ลดลงอย่างเห็นได้ชัดในช่วงระยะเวลาการหมัก น้ำ ตาลรีดิวซ์ในไวน์สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียลดลงอย่างเห็นได้ชัดมากกว่าไวน์สับปะรดพันธุ์ภูเก็ตที่ลด ลงเพียงเล็กน้อย พบว่าเมื่อเชื้อยีสต์มีการเจริญทำให้ pH ของไวน์ลดลงและกรดทั้งหมดที่วัดในรูปของกรดซิตริกเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักไวน์พบว่าไวน์ที่มีแอลกอฮอล์สูงสุดและต่ำสุดคือ ไวน์สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียและภูเก็ตที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* V-116 และ *S. cerecerevisiae* var. sake ตามลำดับ (ภาคผนวก จ) ซึ่งสอดคล้องกับความใสที่เกิดขึ้นหลังสิ้นสุดการหมักไวน์ในวันที่ 18 เนื่องจากยีสต์หมักไวน์เสร็จแล้วยีสต์จะเกิดการตกตะกอนลงสู่ก้นขวดจึงทำให้ไวน์ใสขึ้น พบว่าสายพันธุ์ยีสต์ 4 สายพันธุ์ที่นำมาหมักไวน์มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีใน

ไวน์สับปะรดทั้ง 2 พันธุ์ ซึ่งเกิดจากสายพันธุ์ยีสต์ทั้ง 4 สายพันธุ์มีความสามารถในการหมักน้ำสับปะรดได้แตกต่างกันซึ่งสายพันธุ์ยีสต์ที่ใช้หมักไวน์ส่งผลโดยตรงต่อกลิ่นรสในไวน์ ทำให้มีผลต่อการทดสอบชิมไวน์ (วิลาวัณย์ เจริญจิระตระกูล, 2536; ไพโรจน์ วิริยจารี และ จันทร์หอม สมสงวน, 2535; Cortes *et al*.,1998, 1999 อ้างโดย Plata *et al*., 2003; Mateo *et al*., 20041; Fuleki, 1965; Venkataramu *et al*.,1977; Iranzo *et al.,* 1999)

5.2 ผลการทดสอบชิมไวน์สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียและพันธุ์ภูเก็ตที่ระดับการเจือจาง 3 ระดับ ที่หมักด้วยเชื้อยีสต์ 4 สายพันธุ์

หลังจากบ่มไวน์ที่ 4°ซ เป็นเวลา 3 เดือน พบว่าองค์ประกอบทางเคมีต่างๆในไวน์มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย (ภาคผนวก จ และตารางที่ 5 ถึง 8) pH และแอลกอฮอล์มีการลดลงเล็กน้อยเมื่อเพิ่มระดับการเจือจาง แต่ OD_{660} น้ำตาลทั้งหมด น้ำตาลรีดิวซ์ กรดซิตริก และ°Brix จะเพิ่มขึ้นถ้าเพิ่มระดับการเจือจาง ยกเว้นในไวน์สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่เจือจางระดับ 1:1 และ 1:2 ที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* ที่น้ำตาลทั้งหมดลดลงอย่างเห็นได้ชัด (ภาคผนวก จ) พบว่าไวน์ที่มีแอลกอฮอล์สูงสุดและต่ำสุดยังคงเป็นไวน์สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียและภูเก็ตที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* V-116 (ตารางที่ 8) และ *S. cerevisiae* var. sake ตามลำดับ (ตารางที่ 6)

จากการทดสอบชิมไวน์สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียและพันธุ์ภูเก็ตที่เจือจาง 3 ระดับ และหมักด้วยเชื้อยีสต์ 4 สายพันธุ์ (ภาคผนวก ซ) พบว่าคะแนนการทดสอบชิมในด้านความใส สี กลิ่นผลไม้ กลิ่นน้ำส้มสายชู ความเปรี้ยว ความหวาน ความขม ตัวตน รสชาติ และคุณภาพโดยทั่วไปไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่คะแนนการทดสอบชิมรวมมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) พบว่าไวน์ที่ได้รับคะแนนการทดสอบชิมสูงสุดแสดงว่าเป็นไวน์ที่ได้รับการยอมรับสูงสุดในทุกๆด้านของการทดสอบชิมคือ ไวน์สับปะรดพันธุ์ภูเก็ตที่ความเจือจาง 1:3 ที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* var. sake จากการทดลองพบว่าสายพันธุ์สับปะรดมีผลทำให้องค์ประกอบทางเคมีและสารอาหารในน้ำสับปะรดมีปริมาณที่แตกต่างกัน ซึ่งส่งผลต่อโดยตรงต่อกลิ่นรสเมื่อนำมาหมักไวน์ เช่นเดียวกับการทดลองของ Amerine และคณะ (1980a), Lao และคณะ (1997) และ Girard และคณะ (2001) ที่พบว่าสายพันธุ์องุ่นมีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีและกลิ่นรสในไวน์เมื่อนำมาทดสอบชิม ไพโรจน์ วิริยจารี และ จันทร์หอม สมสงวน (2535) พบว่าการเจือจางน้ำสตรอเบอรี่ส่งผลให้องค์ประกอบต่างๆมีความเจือจางลง โดยเฉพาะสีที่ปรากฏ รสชาติ และกลิ่นรสของน้ำผลไม้ ซึ่งมีผลต่อกลิ่นรสเมื่อนำมาหมักไวน์สตรอเบอรี่

เมื่อพิจารณาผลการทดสอบชิมไวน์สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียและพันธุ์ภูเก็ต ที่หมักด้วยเชื้อ

ตารางที่ 5 ผลของพันธุ์สับปะรดและการเจือจางต่อองค์ประกอบของไวน์ที่หมักโดยเชื้อ *S. cerevisiae* var. burgandy เป็นเวลา 18 วัน (A) และ 3 เดือน (B)

Table 5 Effect of pineapple variety and dilution on compositions of wine fermented with *S. cerevisiae* var. burgandy for 18 days (A) and 3 months (B)

A

Chemical compositon	Pineapple variety/ dilution ratio					
	Pattavia (Cayenn variety)			Phuket (Queen variety)		
	1:1	1:2	1:3	1:1	1:2	1:3
pH	3.88±0.05^{cd}	3.77±0.04^{f}	3.64±0.04^{hi}	3.77±0.05^{f}	3.53±0.13^{jk}	3.42±0.07^{lm}
OD_{660}	0.41±0.08^{efghi}	0.67±0.18^{cd}	1.15±0.07^{a}	0.51±0.09^{ef}	0.39±0.19^{efghi}	0.35±0.32^{fghij}
Total sugar (mg/ml)	10.84±0.13^{hi}	10.81±0.18^{hi}	11.89±0.21^{fg}	10.54±0.54^{i}	11.45±0.15^{fghi}	11.15±0.11^{ghi}
Reducing sugar (mg/ml)	2.54±0.81^{gh}	2.94±0.14^{g}	4.84±0.75^{e}	2.18±0.22^{hi}	2.56±0.23^{gh}	4.54±0.42^{ef}
Total acidity as citric acid (%)	0.79±0.03^{gh}	0.77±0.03^{gh}	0.92±0.08^{defg}	1.04±0.06^{cde}	0.87±0.06^{efgh}	0.49±0.24^{i}
Alcohol (%)	12.08±0.07^{d}	10.02±0.08^{f}	9.50±0.28^{g}	13.30±0.01^{b}	12.80±0.12c	11.78±0.05^{d}
°Brix	7.33±0.58^{fghi}	10.67±0.61^{d}	11.77±0.86^{c}	7.80±0.46^{fg}	7.87±0.15^{f}	9.03±0.35^{e}

B

Chemical compositon	Pineapple variety/ dilution ratio					
	Pattavia (Cayenn variety)			Phuket (Queen variety)		
	1:1	1:2	1:3	1:1	1:2	1:3
pH	3.86±0.03^{abcd}	3.77±0.04^{abcd}	3.73±0.04^{bcd}	3.72±0.07^{bcd}	3.59±0.05^{bcd}	2.33±1.17^{e}
OD_{660}	0.41±0.08^{cd}	0.67±0.18^{cd}	1.15±0.07^{cd}	0.35±0.32^{d}	0.39±0.19^{d}	0.51±0.09^{d}
Total sugar (mg/ml)	5.03±0.54^{ghi}	8.38±1.12^{bcd}	10.19±1.00^{ab}	4.46±2.02^{ghi}	6.02±0.33^{efg}	9.33±0.11^{abc}
Reducing sugar (mg/ml)	1.01±0.12^{efgh}	2.90±0.17^{c}	4.39±0.87^{b}	0.93±0.95^{fgh}	1.50±0.06^{defg}	1.78±1.33^{def}
Total acidity as citric acid (%)	0.69±0.02^{ghi}	0.82±0.05^{fghi}	0.93±0.12^{gh}	0.73±0.14^{ghi}	0.93±0.11^{dfg}	1.08±0.02^{de}
Alcohol (%)	12.42±0.43^{de}	10.09±0.50^{g}	9.69±0.29^{gh}	13.04±0.35^{a}	12.10±0.13^{de}	11.66±0.09^{ef}
°Brix	6.93±0.42^{ghij}	9.50±0.50^{f}	11.20±0.60^{c}	6.93±0.42^{ghij}	7.30±0.10^{g}	8.50±0.46^{f}

Note : Mean ± standard deviation of three replications and the same superscripts-letter means not significantly different (P>0.05)

ตารางที่ 6 ผลของพันธุ์สับปะรดและการเจือจางต่อองค์ประกอบของไวน์ที่หมักโดยเชื้อ *S. cerevisiae* var. sake เป็นเวลา 18 วัน (A) และ 3 เดือน (B)

Table 6 Effect of pineapple variety and dilution on compositions of wine fermented with *S. cerevisiae* var. sake for 18 days (A) and 3 months (B)

A

Chemical compositon	Pineapple variety/ dilution ratio					
	Pattavia (Cayenn variety)			Phuket (Queen variety)		
	1:1	1:2	1:3	1:1	1:2	1:3
pH	4.27 ± 0.00^{a}	3.97 ± 0.00^{bc}	3.86 ± 0.01^{de}	4.04 ± 0.01^{b}	3.88 ± 0.02^{cd}	3.58 ± 0.95^{ij}
OD_{660}	0.22 ± 0.01^{hijk}	0.29 ± 0.02^{ghijk}	0.43 ± 0.07^{efgh}	0.21 ± 0.01^{ijk}	0.17 ± 0.01^{jk}	0.31 ± 0.05^{fghijk}
Total sugar (mg/ml)	3.56 ± 0.02^{l}	9.49 ± 1.07^{j}	11.66 ± 0.82^{fgh}	1.75 ± 0.04^{m}	5.19 ± 0.78^{k}	10.98 ± 0.16^{ghi}
Reducing sugar (mg/ml)	1.79 ± 0.03^{i}	2.03 ± 0.27^{hi}	4.18 ± 0.17^{f}	0.47 ± 0.16^{mn}	1.29 ± 0.13^{jk}	2.04 ± 0.05^{hi}
Total acidity as citric acid (%)	0.71 ± 0.04^{h}	0.73 ± 0.03^{gh}	0.73 ± 0.05^{gh}	0.79 ± 0.02^{gh}	0.84 ± 0.10^{fgh}	1.06 ± 0.00^{cdef}
Alcohol (%)	14.12 ± 0.10^{a}	14.05 ± 0.04^{a}	12.91 ± 0.14^{c}	14.23 ± 0.10^{a}	14.11 ± 0.03^{a}	13.37 ± 0.26^{b}
°Brix	6.40 ± 0.35^{i}	7.07 ± 0.12^{ghij}	10.20 ± 0.53^{d}	6.60 ± 0.00^{ij}	6.80 ± 0.20^{ij}	7.90 ± 0.10^{f}

B

Chemical compositon	Pineapple variety/ dilution ratio					
	Pattavia (Cayenn variety)			Phuket (Queen variety)		
	1:1	1:2	1:3	1:1	1:2	1:3
pH	4.23 ± 0.09^{a}	4.01 ± 0.04^{abc}	3.99 ± 0.06^{abc}	4.05 ± 0.07^{ab}	3.83 ± 0.09^{abcd}	3.65 ± 0.03^{bcd}
OD_{660}	0.01 ± 0.00^{d}	0.02 ± 0.00^{cd}	0.06 ± 0.08^{bc}	0.00 ± 0.00^{d}	0.00 ± 0.00^{d}	0.01 ± 0.00^{d}
Total sugar (mg/ml)	1.23 ± 0.00^{l}	3.13 ± 0.02^{ijk}	5.54 ± 0.22^{fgh}	0.64 ± 0.07^{l}	1.75 ± 0.06^{kl}	3.62 ± 0.16^{hij}
Reducing sugar (mg/ml)	0.96 ± 0.22^{efgh}	1.17 ± 0.18^{efgh}	2.36 ± 0.99^{cd}	0.28 ± 0.00^{h}	0.38 ± 0.09^{h}	1.89 ± 0.12^{de}
Total acidity as citric acid (%)	0.62 ± 0.05^{i}	0.62 ± 0.05^{i}	0.71 ± 0.07^{ghi}	0.84 ± 0.04^{efghi}	0.77 ± 0.00^{fghi}	1.01 ± 0.13^{ef}
Alcohol (%)	12.88 ± 0.48^{de}	12.83 ± 0.11^{de}	12.34 ± 0.07^{dr}	13.57 ± 0.41^{abc}	13.35 ± 0.17^{ab}	13.27 ± 0.14^{abc}
°Brix	5.87 ± 0.12^{kl}	6.60 ± 0.00^{ghijk}	7.13 ± 0.12^{gh}	5.90 ± 0.10^{kl}	6.00 ± 0.00^{jkl}	7.76 ± 0.83^{g}

Note : Mean $\pm$ standard deviation of three replications and the same superscripts-letter means not significantly different ($P>0.05$)

ตารางที่ 7 ผลของพันธุ์สับปะรดและการเจือจางต่อองค์ประกอบของไวน์ที่หมักโดยเชื้อ *S. cerevisiae* เป็นเวลา 18 วัน (A) และ 3 เดือน (B)

Table 7 Effect of pineapple variety and dilution on compositions of wine fermented with *S. cerevisiae* for 18 days (A) and 3 months (B)

A

Chemical compositon	Pineapple variety/ dilution ratio					
	Pattavia (Cayenn variety)			Phuket (Queen variety)		
	1:1	1:2	1:3	1:1	1:2	1:3
pH	3.59 ± 0.04^{ij}	3.46 ± 0.08^{kl}	3.34 ± 0.07^{mn}	3.68 ± 0.05^{g}	3.44 ± 0.08^{kl}	3.28 ± 0.07^{n}
OD_{660}	0.57 ± 0.24^{e}	0.49 ± 0.08^{efg}	0.40 ± 0.04^{efghi}	0.64 ± 0.14^{cd}	0.82 ± 0.07^{bc}	0.92 ± 0.01^{b}
Total sugar (mg/ml)	12.96 ± 0.13^{de}	14.49 ± 0.86^{c}	18.24 ± 0.50^{a}	12.22 ± 0.56^{ef}	13.59 ± 0.59^{d}	16.27 ± 0.43^{b}
Reducing sugar (mg/ml)	6.53 ± 0.36^{c}	8.81 ± 0.03^{b}	12.25 ± 0.25^{a}	5.49 ± 0.16^{d}	5.65 ± 0.12^{d}	8.89 ± 0.23^{b}
Total acidity as citric acid (%)	1.07 ± 0.24^{cd}	1.79 ± 0.15^{a}	1.41 ± 0.13^{b}	1.36 ± 0.06^{b}	1.35 ± 0.04^{b}	1.13 ± 0.19^{c}
Alcohol (%)	11.98 ± 0.14^{d}	9.61 ± 0.10^{g}	6.84 ± 0.15^{i}	11.88 ± 0.19^{d}	10.67 ± 0.42^{e}	8.48 ± 0.24^{h}
°Brix	14.37 ± 0.91^{b}	13.70 ± 0.10^{b}	15.70 ± 0.10^{a}	10.20 ± 0.46^{d}	10.20 ± 0.60^{d}	12.40 ± 0.72^{c}

B

Chemical compositon	Pineapple variety/ dilution ratio					
	Pattavia (Cayenn variety)			Phuket (Queen variety)		
	1:1	1:2	1:3	1:1	1:2	1:3
pH	3.65 ± 0.07^{bcd}	3.52 ± 0.12^{cd}	3.46 ± 0.03^{d}	3.42 ± 0.07^{d}	3.59 ± 0.28^{bcd}	3.67 ± 0.07^{bcd}
OD_{660}	0.01 ± 0.00^{d}	0.04 ± 0.00^{bcd}	0.04 ± 0.00^{bcd}	0.02 ± 0.01^{cd}	0.03 ± 0.01^{cd}	0.08 ± 0.09^{b}
Total sugar (mg/ml)	8.75 ± 0.18^{bcd}	9.68 ± 1.39^{abc}	10.93 ± 1.74^{a}	5.98 ± 0.31^{efg}	7.82 ± 0.28^{cde}	9.49 ± 1.65^{abc}
Reducing sugar (mg/ml)	3.17 ± 0.93^{c}	5.22 ± 0.11^{b}	7.71 ± 0.05^{a}	3.03 ± 0.17^{c}	3.04 ± 0.42^{c}	4.86 ± 0.14^{b}
Total acidity as citric acid (%)	7.68 ± 0.00^{fghi}	1.25 ± 0.09^{cd}	1.64 ± 0.41^{a}	1.28 ± 0.17^{cd}	1.49 ± 0.34^{ab}	1.44 ± 0.09^{c}
Alcohol (%)	10.62 ± 0.35^{f}	8.56 ± 1.69^{hi}	6.66 ± 0.58^{j}	12.03 ± 0.58^{dr}	10.45 ± 2.88^{fg}	7.89 ± 0.13^{ij}
°Brix	10.20 ± 1.64^{d}	13.03 ± 0.32^{b}	15.30 ± 0.10^{a}	9.70 ± 0.62^{de}	10.00 ± 0.53^{d}	11.23 ± 1.00^{c}

Note : Mean $\pm$ standard deviation of three replications and the same superscripts-letter means not significantly different($P>0.05$)

ตารางที่ 8 ผลของพันธุ์สับปะรดและการเจือจางต่อองค์ประกอบของไวน์ที่หมักโดยเชื้อ *S. cerevisiae* V-116 เป็นเวลา 18 วัน (A) และ 3 เดือน (B)

Table 8 Effect of pineapple variety and dilution on compositions of wine fermented with *S. cerevisiae* V-116 for 18 days (A) and 3 months (B)

A

Chemical compositon	Pineapple variety/ dilution ratio					
	Pattavia (Cayenn variety)			Phuket (Queen variety)		
	1:1	1:2	1:3	1:1	1:2	1:3
pH	4.05 ± 0.01^{b}	3.87 ± 0.00^{d}	$3.73\pm0.01f^{g}$	3.96 ± 0.02^{bc}	3.78 ± 0.00^{ef}	3.74 ± 0.02^{fg}
OD_{660}	0.16 ± 0.03^{jk}	0.28 ± 0.01^{ghijk}	0.64 ± 0.08^{cd}	0.14 ± 0.00^{jk}	0.11 ± 0.00^{k}	0.32 ± 0.03^{fghijk}
Total sugar (mg/ml)	3.22 ± 0.24^{l}	11.71 ± 0.15^{fgh}	13.77 ± 0.64^{cd}	1.99 ± 0.26^{m}	9.57 ± 0.82^{j}	13.26 ± 0.29^{d}
Reducing sugar (mg/ml)	0.89 ± 0.09^{klm}	1.03 ± 0.25^{kl}	2.53 ± 0.05^{gh}	0.31 ± 0.03^{n}	0.53 ± 0.15^{lmn}	1.72 ± 0.08^{ij}
Total acidity as citric acid (%)	0.74 ± 0.01^{gh}	0.80 ± 0.03^{gh}	0.89 ± 0.02^{defgh}	0.91 ± 0.02^{defg}	0.85 ± 0.01^{fgh}	0.84 ± 0.01^{fgh}
Alcohol (%)	14.16 ± 0.13^{a}	14.11 ± 0.14^{a}	13.28 ± 0.24^{b}	14.34 ± 0.14^{a}	14.19 ± 0.14^{a}	13.33 ± 0.09^{b}
°Brix	6.40 ± 0.20^{j}	7.00 ± 0.00^{hij}	7.73 ± 0.06^{fgh}	6.40 ± 0.00^{j}	6.70 ± 0.10^{ij}	7.37 ± 0.06^{fghi}

B

Chemical compositon	Pineapple variety/ dilution ratio					
	Pattavia (Cayenn variety)			Phuket (Queen variety)		
	1:1	1:2	1:3	1:1	1:2	1:3
pH	4.09 ± 0.07^{ab}	3.89 ± 0.05^{abcd}	3.89 ± 0.09^{abcd}	3.99 ± 0.07^{abc}	3.80 ± 0.06^{abcd}	3.78 ± 0.07^{abcd}
OD_{660}	0.01 ± 0.00^{d}	0.02 ± 0.00^{cd}	0.14 ± 0.01^{a}	0.01 ± 0.00^{d}	0.01 ± 0.00^{d}	0.01 ± 0.00^{d}
Total sugar (mg/ml)	3.79 ± 0.88^{hij}	5.01 ± 0.21^{ghi}	7.29 ± 0.21^{def}	2.29 ± 0.20^{jkl}	5.17 ± 0.47^{gh}	5.18 ± 0.54^{gh}
Reducing sugar (mg/ml)	0.82 ± 0.25^{gh}	0.89 ± 0.07^{fgh}	1.39 ± 0.02^{efg}	0.30 ± 0.05^{h}	0.59 ± 0.12^{gh}	1.33 ± 0.07^{efg}
Total acidity as citric acid (%)	0.67 ± 0.00^{i}	0.67 ± 0.00^{hi}	0.85 ± 0.00^{efghi}	0.82 ± 0.00^{fghi}	0.84 ± 0.02^{efghi}	0.89 ± 0.07^{efgh}
Alcohol (%)	13.54 ± 0.40^{a}	13.29 ± 0.12^{d}	12.69 ± 0.47^{de}	13.63 ± 0.69^{ab}	13.44 ± 0.17^{d}	13.12 ± 0.17^{d}
°Brix	5.20 ± 0.00^{l}	6.30 ± 0.10^{hijk}	7.00 ± 0.00^{ghi}	5.70 ± 0.00^{kl}	6.10 ± 0.10^{ijkl}	6.50 ± 0.10^{ghijk}

Note : Mean ± standard deviation of three replications and the same superscripts-letter means not significantly different ($P>0.05$)

ยีสต์ 4 สายพันธุ์ โดยพิจารณาแยกแต่ละสายพันธุ์ยีสต์ที่ใช้ในการหมัก (ภาพที่ 15 และ 16) จาก

การทดสอบชิมไวน์ที่หมักด้วยเชื้อยีสต์สายพันธุ์ที่ 4 *(S. cerevisiae* var. sake) (ภาพที่ 15) พบว่าไวน์สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่เจือจางในระดับ 1:1 ได้รับการยอมรับมากที่สุดในด้านความใสและกลิ่นน้ำส้มสายชูน้อยหรือไม่มีเลย ความเปรี้ยว ความหวาน รสชาติ และคุณภาพโดยรวม และไวน์ที่เจือจางในระดับ 1:3 ได้รับการยอมรับมากที่สุดในด้านตัวตน และความขม เมื่อเปรียบเทียบกับสับปะรดพันธุ์ภูเก็ตหมักด้วยเชื้อยีสต์สายพันธุ์ที่ 4 พบว่าไวน์สับปะรดที่เจือจางในระดับ 1:3 ได้รับการยอมรับมากที่สุดในทุกด้าน

เมื่อนำไวน์สับปะรดที่หมักด้วยเชื้อยีสต์สายพันธุ์ที่ 8 (*S. cerevisiae*) (ภาพที่ 15) มาทดสอบชิมพบว่าไวน์สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่เจือจางในระดับ 1:2 ได้รับการยอมรับมากที่สุดในทุกด้าน ส่วนไวน์สับปะรดพันธุ์ภูเก็ตที่เจือจางในระดับ 1:3 ได้รับการยอมรับมากที่สุดเกือบทุกด้านยกเว้นตัวตนและความขมซึ่งไวน์ที่เจือจางในระดับ 1:1 ได้รับการยอมรับมากที่สุด

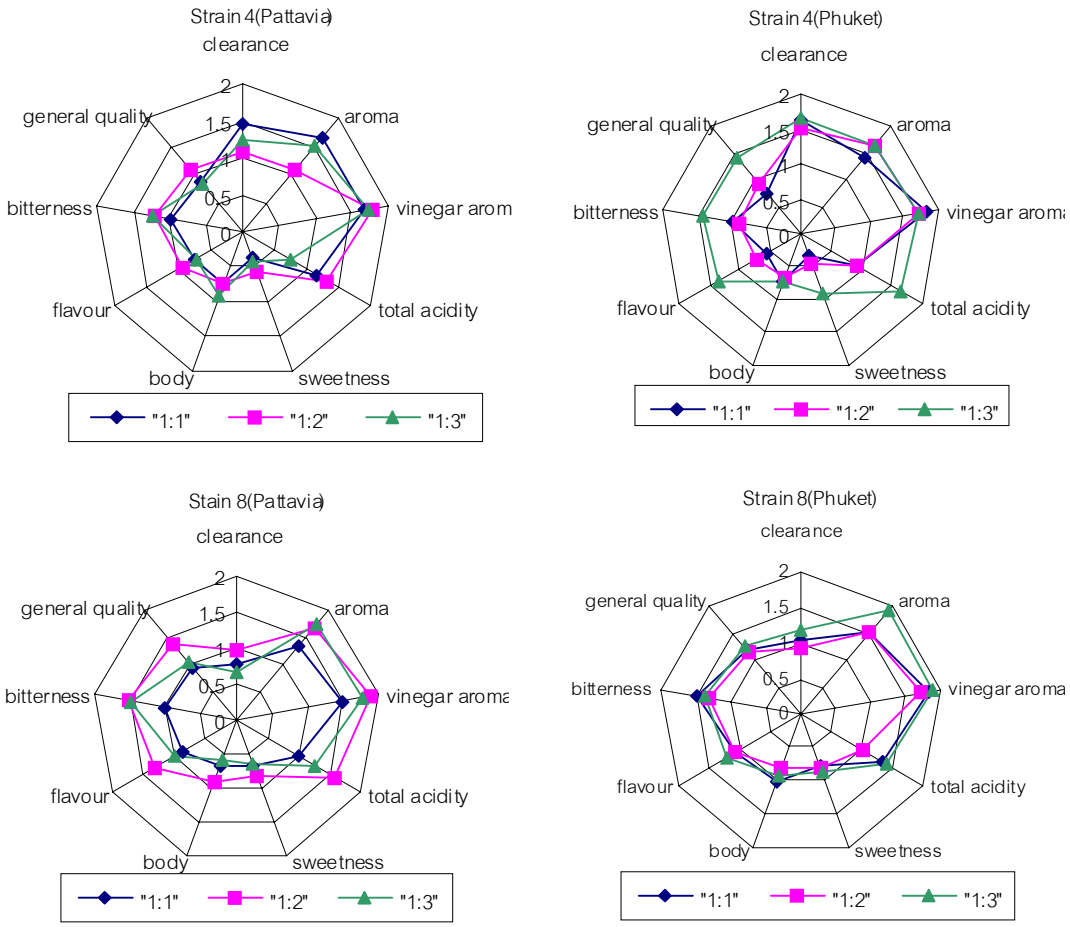
จากการทดสอบชิมไวน์สับปะรดที่หมักด้วยเชื้อยีสต์สายพันธุ์ที่ 13 (*S. cerevisiae* V-116) **(**ภาพที่ 16**)** พบว่าไวน์สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่เจือจางในระดับ 1:3 ได้รับการยอมรับมากที่สุดในเกือบทุกด้าน ยกเว้นในด้านความใสซึ่งไวน์ที่เจือจางในระดับ 1:1 ได้รับการยอมรับมากที่ สุด ไวน์สับปะรดพันธุ์ภูเก็ตที่เจือจางในระดับ 1:3 ได้รับการยอมรับมากที่สุดในด้านความเปรี้ยว ความหวาน รสชาติ ความขม และคุณภาพโดยรวม ส่วนไวน์ที่เจือจางในระดับ 1:2 ได้รับการยอมรับมากที่สุดในด้านความใส กลิ่นผลไม้ และกลิ่นน้ำส้มสายชู

เมื่อนำไวน์สับปะรดที่หมักด้วยเชื้อยีสต์สายพันธุ์ที่ 7 (*S. cerevisiae* var. burgandy) **(ภาพที่** 16**)** มาทดสอบชิมพบว่าไวน์สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่เจือจางในระดับ 1:3 ได้รับการยอมรับมากที่สุดในเกือบทุกด้านยกเว้นกลิ่นน้ำส้มสายชู และไวน์สับปะรดพันธุ์ภูเก็ตที่เจือจางในระดับ 1:3 ได้รับการยอมรับมากที่สุดในเกือบในเกือบทุกด้านยกเว้นความใสและกลิ่นน้ำส้มสายชู การทดลองของไพโรจน์ วิริยจารี และ จันทร์หอม สมสงวน (2535) พบว่าผู้บริโภคยอมรับไวน์สตรอเบอรี่ที่เจือจาง 1:3 มากที่สุดในด้านสี ไวน์สตรอเบอรี่ที่เจือจาง 1:2 ได้รับการยอมรับมากที่สุดในด้านความใสและคุณภาพโดยรวม

เมื่อพิจารณาจากคะแนนการทดสอบชิมโดยรวม จึงคัดเลือกไวน์ที่ได้รับคะแนนการทดสอบชิมมากที่สุดคือ ไวน์สับปะรดพันธุ์ภูเก็ตที่เจือจาง 1:3 เท่า และหมักด้วยเชื้อยีสต์สายพันธุ์ *S. cerevisiae* var. sake สำหรับการทดลองขั้นต่อไป

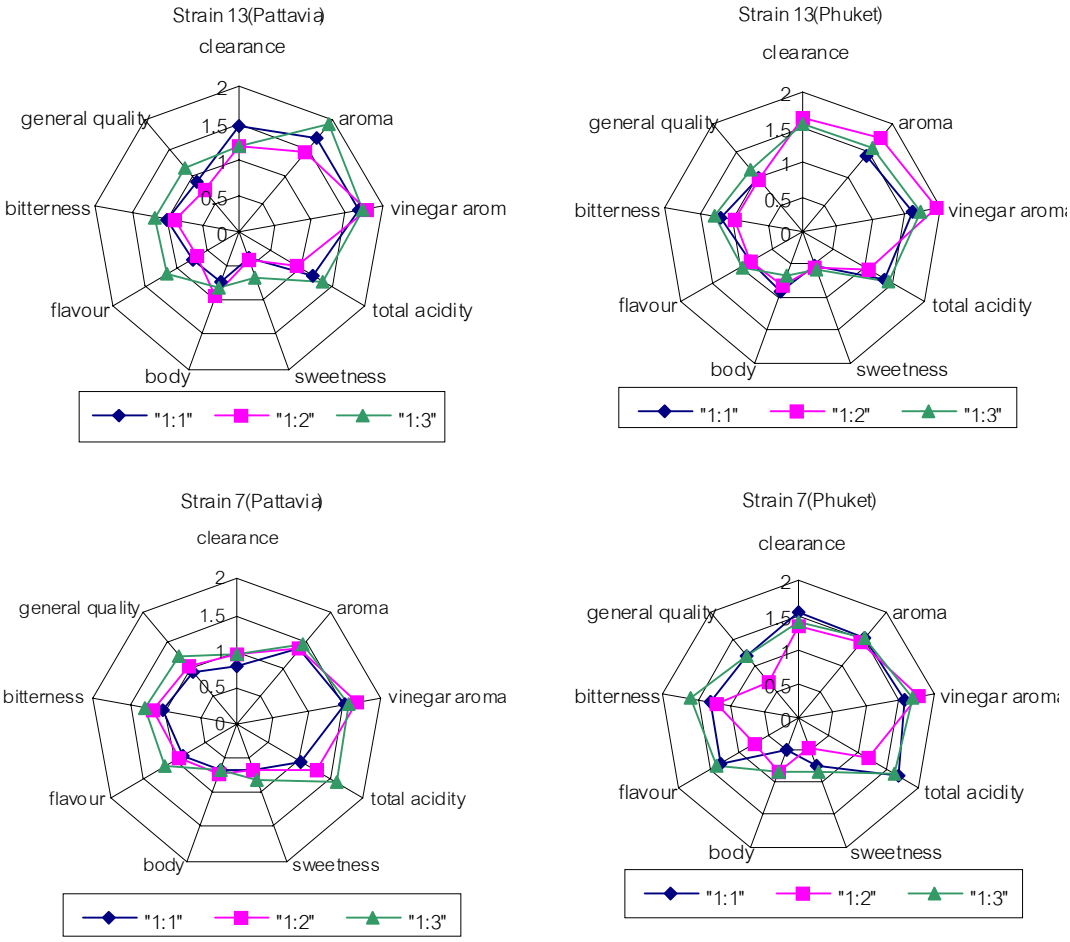
6 ผลการเติมเอนไซม์เพคติเนสในน้ำสับปะรดพันธุ์ภูเก็ต

จากการศึกษาผลของความเข้มข้นของเอนไซม์เพคติเนสต่อปริมาตรและองค์ประกอบ



ภาพที่ 15 ภาพใยแมงมุมของผลการทดสอบชิมไวน์สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียและพันธุ์ภูเก็ตหมักด้วยเชื้อยีสต์สายพันธุ์ที่ *S. cerevisiae* var. sake (สายพันธุ์ที่ 4) และ *S.cerevisiae* (สายพันธุ์ที่ 8)

Figure 15 Radar chart of pineapple (Cayenne and Queen varieties) wine fermented with *S. cerevisiae* var. sake (strain 4) and *S. cerevisiae* (strain 8)



ภาพที่ 16 ภาพใยแมงมุมของผลการทดสอบชิมไวน์สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียและพันธุ์ภูเก็ตหมักด้วยเชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* V-116 (สายพันธุ์ที่ 13) และ *S. cerevisiae* var. burgandy (สายพันธุ์ที่ 7)

Figure 16 Radar chart of pineapple (Cayenne and Queen varieties) wine fermented with *S. cerevisiae* V-116 (strain 13) and *S. cerevisiae* var. burgandy (strain 7)

เปอร์เซนต์น้ำสับปะรดที่ได้เพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของเอนไซม์ที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) (ตารางที่ 9) เมื่อเติมเอนไซม์เพคติเนส 0.05% (น้ำหนัก/ปริมาตร) ทำให้ได้น้ำสับปะรดเพิ่มขึ้นถึง 20.6% Sreenath และคณะ (1994) บ่มสับปะรดที่เติมเอนไซม์เพคติเนสความเข้มข้น 0.025% (น้ำหนัก/ปริมาตร) ที่ 27-30°ซ เป็นเวลา 30 นาที ทำให้น้ำสับปะรดมีปริมาตรมากที่สุด 81-86%เมื่อผ่านเครื่องกด ในขณะที่น้ำสับปะรดที่ไม่ได้เติมเอนไซม์มีปริมาตรน้ำที่คั้นได้ 72% จากการทดลองพบว่าเมื่อความเข้มข้นของเอนไซม์เพคติเนสในน้ำสับปะรดเพิ่มขึ้นทำให้ °Brix น้ำตาลทั้งหมดและน้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มขึ้นเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำสับปะรดที่ไม่เติมเอนไซม์เพคติเนส

จากการทดลองพบว่าความเข้มข้นของเอนไซม์เพคติเนสที่เพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณกรดทั้งหมดที่วัดในรูปของกรดซิตริก และ pH แตกต่างกันเล็กน้อยทางสถิติ ($P<0.05$) Sreekantiah และคณะ (1971) พบว่าความเป็นกรดเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เช่นเดียวกับการทดลองของ Sreekantiah และคณะ (1971) พบว่าเมื่อเติมเอนไซม์เพคติเนสในน้ำผลไม้ทำให้น้ำผลไม้มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และความเป็นกรดเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เนื่องมาจากเกิดการย่อยแป้งและมีการปล่อยหมู่คาร์บอกซิลออกมาตามลำดับ แต่ Lao และคณะ (1996) พบว่าเอนไซม์เพคติเนสไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของกรดอินทรีย์ในน้ำองุ่น (ทาร์ทาริก มาลิก ซิตริก ซักซินิก และแลกติก) แต่ทำให้กรดกาแลกทูโรนิกเพิ่มขึ้น

จากการทดลองพบว่าความหนืดมีการเปลี่ยนแปลงก่อนและหลังใส่เอนไซม์เพคติเนส โดยพบว่าน้ำสับปะรดที่เติมเอนไซม์ก่อนผ่านกระดาษกรองมีความหนืดเพิ่มขึ้น อาจเนื่องจากเพคติเนส ย่อยสลายโครงสร้างของสับปะรดทำให้มีสารแขวนลอยอยู่ในน้ำสับปะรดเพิ่มขึ้นหรืออาจเกิดจากการรวมตัวกันของแคลเซียมไอออนและกรดเพคติก เพราะเนื้อเยื่อสับปะรดประกอบด้วยโพลีแซคคาไรด์หลายชนิดเช่น แป้ง (อะไมโรสและอะไมโรเพคติน) เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส สารประกอบเพคติน และโพลีแซคาไรด์ชนิดอื่น เมื่อเอนไซม์เพคติเนสทำงานย่อยสลายโครงสร้างสับปะรดทำให้เกิดเป็นสารประกอบเพคติน ซึ่งสารประกอบเพคตินประกอบด้วยส่วนที่ไม่ละลายน้ำและละลายน้ำได้ ความหนืดในน้ำผลไม้อาจเพิ่มขึ้นได้จากสารประกอบที่ไม่ละลายน้ำหรือเกิดจากเอนไซม์เพคตินเมทิลเอสเทอเรสไปย่อยเพคตินกลายเป็นกรดเพคติก และกรดเพคติกสามารถทำปฏิกริยาเชื่อมพันธะกับแคลเซียมไอออนทำให้กลายเป็นโปรโตเพคติน ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่ไม่ละลายน้ำและสามารถที่จะรวมตัวเป็นโพลีเมอร์ได้จากการรวมตัวกับแคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) (Whitaker, J.R., 1984) เนื่องจากสับปะรดประกอบด้วยแคลเซียม 27 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม (Wills *et al*., 1986) เปอร์เซนต์การย่อยสลาย (degradation) ตะกอนของสับปะรดก่อนและหลัง

เติมเอนไซม์เพคติเนสที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ พบว่าน้ำสับปะรดที่ไม่เติมเอนไซม์ (0% (น้ำหนัก/ปริมาตร)) มีเปอร์

ตารางที่ 9 ผลของเอนไซม์เพคติเนสต่อองค์ประกอบของน้ำสับปะรด (พันธุ์ภูเก็ต)

Table 9 Effect of pectinase on the composition of pineapple (Queen variety) juice

Chemical composition	Pectinase concentration (% w/v)				
	0	0.0125	0.025	0.0375	0.05
juice yield (%)[a]	37.80±0.10[d]	42.40±0.36[c]	44.48±0.05[b]	44.98±0.02[b]	47.07±0.06[a]
juice increase (%)[b]	0	12.17	15.75	16.14	20.6
°Brix	12.63±0.15[c]	12.83±0.15[b]	12.87±0.12[b]	12.93±0.12[b]	13.07±0.12[a]
Total sugar(mg/ml)[d]	20.80±0.00[d]	21.37±0.00[cd]	21.94±0.00[bc]	22.79±0.00[b]	23.08±0.00[a]
Reducing sugar (mg/ml)[e]	16.77±0.00[e]	17.81±0.00[d]	18.36±0.00[c]	19.76±0.00[b]	20.96±0.00[a]
pH[f]	3.86±0.01[a]	3.84±0.01[b]	3.83±0.01[bc]	3.82±0.01[cd]	3.82±0.01[d]
Total acid as citric acid(%)[g]	0.54±0.03[a]	0.51±0.03a[b]	0.49±0.03[b]	0.49±0.01[b]	0.48±0.00[b]
Degradation(%)[h]	0.00±0.27[b]	41.39±0.02[a]	44.32±0.01[a]	46.06±0.01[a]	47.57±0.01[a]
Turbidity(OD_{660})[i]	0.14±0.00[a]	0.10±0.00[b]	0.08±0.01[c]	0.07±0.00[d]	0.04±0.00[e]
Sediment(%)[j]	4.59±3.57[c]	9.56±1.24[b]	12.09±1.03[ab]	12.59±1.28[ab]	14.76±0.69[a]
Viscosity before filtrated juice (mpas)[k]	77.59±0.00[e]	113.42±6.05[d]	161.12±20.56[c]	206.91±6.98[b]	228.11±0.64[a]
Viscosity after filtrated juice (mpas)[l]	26.15±2.28[a]	23.51±0.00[b]	19.63±0.00[c]	14.11±0.87[d]	7.84±0.00[d]

[a] Juice yield (%) = juice extract (%) x100
pineapple weight

[b] Juice increase (%) = juice after adding enzyme – juice before adding enzyme x 100%
juice before adding enzyme

[c] Total soluble solides in the juice was express as °Brix.

[d] Total sugar in the juice was measured by phenol test method

[e] Reducing sugar in the juice was measured by Somogyi-Nelson method

[f] pH was quantified by using pH meter

[g] As percent citric acid(g/100g juice)

[h] Degradation (%) = residue before treatment – residue after treatment x 100%
Residue before treatment

[i] Absorbance was measured at 660 nm.

[j] The juice sediment was expressed as percent after adding 2 volumes of acidified ethanol at 27-30°C to 1 volume of juice.

[k] Pooled juice viscosity measured by Brookfield Digital Viscometer before filtrated through whatman no.1

[l] Pooled juice viscosity measured by Brookfield Digital Viscometer after filtrated through whatman no.1

Mean ± standard deviation of three replications and the same superscripts-letter means not significantly different (P> 0.05)

เซนต์การย่อยสลายต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากเอนไซม์เพคติเนสจะเข้าไปย่อยสลายเนื้อเยื่อสับปะรดทำให้ตะกอนเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และเมื่อนำน้ำสับปะรดที่เติมเอนไซม์มาผ่านกระดาษกรอง ทำให้กากที่เกิดจากการจับกันของเอนไซม์เพคิเนสและสารแขวนลอยติดอยู่กับกระดาษกรอง ทำให้ความหนืดของน้ำสับปะรดลดลง จึงทำให้มีเปอร์เซ็นต์ตะกอนเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มความเข้มข้นเอนไซม์เพคติเนส เนื่องจากเอนไซม์เพคติเนสย่อยเนื้อเยื่อสับปะรดทำให้ความหนืดหลังกรองลดลง เช่น เดียวกับการทดลองของ Santamaria และคณะ (1999) พบว่าเอนไซม์เพคติเนสมีผลทำให้ความหนืดของน้ำผลไม้หลังกรองผ่านกระดาษกรองลดลง

ในทำนองเดียวกันเมื่อความเข้มข้นเอนไซม์เพิ่มขึ้นทำให้ความใสของน้ำสับปะรดที่เติมเอนไซม์เพคติเนสเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจเกิดจากเอนไซม์เพคติเนสเข้าไปย่อยเพคติน ทำให้โมเลกุลของโปรตีนในคอลลอยด์และเพคตินมารวมกันเกิดเป็นโมเลกุลใหญ่และตกตะกอน (ปราณี อ่านเปรื่อง, 2543; Plank and Zent, 1993; Cruess, *et al*., 1955; Mermelstein, 1998; Alvarez, *et al*., 1998) Sreenath และ Santhanam (1992) พบว่าเมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นเอนไซม์ทำให้ความใสเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เนื่องจากเอนไซม์ย่อยเพคตินทำให้กลูโคซิดิกคอลลอยด์ (glucosidic colloids) และโพลีแซคคาไรด์ลดลง เอนไซม์เพคติเนสสามารถลดปริมาณฟีนอลในน้ำองุ่นลง ซึ่งทำให้ลดการรวมตัวกันของโปรโตเพคตินและฟีนอล ทำให้ความขุ่นของน้ำองุ่นลดลง 98-99% จึงทำให้ไวน์ใสขึ้น (Lao *et al.,* 1996; Cruess *et al*., 1955; Joshi *et al*., 1991)

7 ผลของความเข้มข้นของเอนไซม์เพคติเนสต่อการหมักไวน์สับปะรดพันธุ์ภูเก็ต

เมื่อหมักไวน์สับปะรดพันธุ์ภูเก็ตโดยเติมเอนไซม์เพคติเนสความเข้มข้น 0, 0.0125 และ 0.05% (น้ำหนัก/ปริมาตร) และชุดควบคุม (control) (ไม่มีการเติมเอนไซม์เพคติเนสและไม่ผ่านการยับยั้งเอนไซม์ด้วยน้ำเดือด แต่ที่ 0% (น้ำหนัก/ปริมาตร) ไม่เติมเอนไซม์เพคติเนสแต่ผ่านการยับยั้งเอนไซม์ด้วยน้ำเดือด) พบว่าเอนไซม์เพคติเนสไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของไวน์ในด้านน้ำตาลทั้งหมดและแอลกอฮอล์ แต่เอนไซม์เพคติเนสมีผลเล็กน้อยต่อ pH, OD_{660} กรดซิตริก น้ำตาลรีดิวซ์ และ°Brix (ภาคผนวก ฉ) ดังเช่นการทดลองของ Cruess และคณะ (1955) พบว่าเอนไซม์เพคติเนสไม่มีผลต่อองค์ประกอบภายในไวน์ในด้านกรดทั้งหมด แอลกอฮอล์ และกรดระเหย Joshi และคณะ (1991) พบว่าเอนไซม์เพคติเนสไม่มีผลต่อองค์ประกอบภายในไวน์ในด้านปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด กรดหรือ pH แต่ Demir และคณะ (2001) และปาริชาติ

วัฒนา (2519) พบว่าเอนไซม์เพคติเนสทำให้ไวน์มีน้ำตาลรีดิวซ์และกรดทั้งหมดเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาการเจริญเติบโตของยีสต์ *S. cerevisiae* var. sake ระหว่างการหมักไวน์สับปะรดภูเก็ตในไวน์ที่เติมเอนไซม์และไม่เติมเอนไซม์เพคติเนส พบว่าการเจริญของเชื้อยีสต์มีแนวโน้มใกล้เคียงกัน เชื้อยีสต์เจริญได้มากที่สุดในไวน์สับปะรดพันธุ์ภูเก็ตที่เติมเอนไซม์เพคติเนสความเข้มข้น 0.05, 0.0125, 0% (น้ำหนัก/ปริมาตร) และชุดควบคุม ตามลำดับ เช่นเดียวกับน้ำสับปะรดที่เติมเอนไซม์ มากความเข้มข้นของน้ำตาลทั้งหมด น้ำตาลรีดิวซ์ และปริมาณ แข็งที่ละลายได้ ($^{\circ}$Brix) สูงขึ้นทำให้ส่งผลต่อการหมัก อาจเนื่องจากเอนไซม์เพคติเนสเข้าไปย่อยโครงสร้างสับปะรดพันธุ์ภูเก็ตทำให้องค์ประ กอบทางเคมีเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะน้ำตาลและสารอาหารที่ส่งเสริมการเจริญของยีสต์ จึงทำให้ยีสต์เจริญได้ดีขึ้นในน้ำสับปะรดที่เติมเอนไซม์เพคติเนส ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดมากที่สุดในไวน์ชุดควบ คุม, 0, 0.0125, และ 0.05% (น้ำหนัก/ปริมาตร) ตามลำดับ แอลกอฮอล์สูงสุดในไวน์ที่เติมเอนไซม์ความเข้มข้น, 0.05, 0.0125, 0% (น้ำหนักต่อปริมาตรน้ำสับปะรดที่ใช้หมัก) และชุดควบคุม ตาม ลำดับ แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 10) pH ลดลงอย่างเห็นได้ชัดในวันที่ 2 หลังจากนั้นค่อนข้างคงที่ และพบว่ากรดซิตริกเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการหมักไวน์ (ภาคผนวก ฉ)

หลังจากสิ้นสุดกระบวนการหมักไวน์ในวันที่ 18 พบว่าเอนไซม์เพคติเนสมีผลทำให้ไวน์สับปะรดพันธุ์ภูเก็ตมี pH กรดทั้งหมดที่วัดในรูปของซิตริก และแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้น แต่ทำให้ OD_{660} น้ำตาลทั้งหมด น้ำตาลรีดิวซ์ และ$^{\circ}$Brix ลดลง (ตารางที่ 10 และภาคผนวก ฉ)

8 ผลของการเก็บบ่มไวน์สับปะรดพันธุ์ภูเก็ตที่เติมเอนไซม์เพคติเนสที่ระดับความเข้มข้นต่าง ที่ 4°ซ เป็นเวลา 1 และ 3 เดือน

เมื่อนำไวน์สับปะรดพันธุ์ภูเก็ตที่เติมเอนไซม์เพคติเนสที่ระดับ 0, 0.0125, 0.05% (น้ำหนัก/ปริมาตร) และชุดควบคุม ที่เก็บบ่มที่อุณหภูมิ 4°ซ เป็นเวลา 1 เดือน มาทดสอบชิม (ภาคผนวก ซ) พบว่าเอนไซม์เพคติเนสมีผลต่อการทดสอบชิมไวน์ด้านความใส สี ความหวาน และคุณภาพโดย ทั่วไปแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) แต่ไม่มีผลทางด้านกลิ่นผลไม้ กลิ่นน้ำส้มสายชู รสชาติ ความเปรี้ยว ความขม ตัวตน และคะแนนรวม ($P<0.05$) ชุดควบคุมได้รับคะแนนทางด้านรสชาติแต่ได้รับการยอมรับต่ำที่สุดในด้านความใส ไวน์สับปะรดที่เติมเอนไซม์เพคติเนสที่ความเข้มข้น 0.05% (น้ำหนัก/ปริมาตร) จะได้รับคะแนนด้านความใสและสีมากที่สุด เมื่อพิจารณาคะแนนการทดสอบชิมรวมพบว่า ไวน์ที่เติมเอนไซม์ได้รับคะแนนการทดสอบชิมเท่ากับไวน์ที่ไม่เติมเอนไซม์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ภาคผนวก ซ) ไวน์องุ่นที่เติมเอนไซม์เพคติเนสได้รับการยอม รับทางด้านความใสและสี แต่ไม่มีความแตกต่างในด้านกลิ่นและรสชาติของน้ำผลไม้

(Joshi *et al*., 1991; Cruess *et al.,* 1955; William *et al.,* 1978; Liu *et al.,* 1987; Sreenath *et al*.,1994) Sreenath และคณะ (1994) พบว่าน้ำสับปะรดที่เติมเอนไซม์และไม่เติมเอนไซม์ไม่มีความแตกต่าง

ตารางที่ 10 ผลของเอนไซม์เพคติเนสต่อองค์ประกอบทางเคมีของไวน์สับปะรด (พันธุ์ภูเก็ต) ที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* var. sake เป็นเวลา 18 วัน (A) และ 3 เดือน (B)

Table 10 Effect of pectinase on chemical composition of pineapple wine fermented with *S. cerevisiae* var. sake for 18 days (A) and 3 months (B)

A

Chemical composition	Pectinase concentration% (w/v)			
	control	0	0.0125	0.05
pH	3.66±0.03^{c}	3.69±0.01^{c}	3.75±0.07^{b}	3.85±0.02^{a}
Turbidity (OD_{660})	0.49±0.01^{a}	0.58±0.17^{a}	0.48±0.06^{a}	0.29±0.09^{b}
Total sugar (mg/ml)	15.71±2.62^{a}	15.57±2.68^{a}	14.52±2.83^{a}	10.41±0.88^{a}
Reducing sugar (mg/ml)	9.35±0.77^{a}	9.71±1.16^{a}	8.70±0.78^{a}	4.80±2.29^{b}
Total acidity as citric acid (%)	0.92±0.02^{a}	0.85±0.01^{b}	0.82±0.04^{b}	0.77±0.07^{c}
Alcohol (% v/v)	14.02±0.52^{a}	14.04±0.79^{a}	14.15±0.96^{a}	14.34±0.32^{a}
°Brix	9.55±0.39^{a}	9.15±0.35^{a}	8.15±0.45^{b}	7.65±0.44^{b}

B

Chemical composition	Pectinase concentration% (w/v)			
	control	0	0.0125	0.05
pH	3.40±0.03^{c}	3.53±0.08^{b}	3.61±0.03^{a}	3.63±0.05^{a}
Turbidity (OD_{660})	0.044±0.019^{a}	0.039±0.012^{a}	0.021±0.004^{b}	0.004±0.001^{b}
Total sugar (mg/ml)	3.48±0.76^{ab}	4.39 ±1.59^{a}	3.37±1.12^{ab}	2.23±0.03^{b}
Reducing sugar (mg/ml)	2.57±0.44^{a}	2.24±0.20^{b}	1.95±0.17^{b}	1.10±0.06^{c}
Total acidity as citric acid (%)	0.87±0.01^{a}	0.79±0.04^{b}	0.74±0.01^{bc}	0.72±0.05^{c}
alcohol (% v/v)	12.15±0.51^{a}	12.20±1.75^{a}	12.39±0.56^{a}	13.52±0.64^{a}
°Brix	6.23±0.52^{ab}	6.53±0.32^{a}	6.33±0.43^{ab}	5.78±0.22^{c}

Note : Mean ± standard deviation of three replications and the same superscripts-letter means not significantly different (P>0.05)

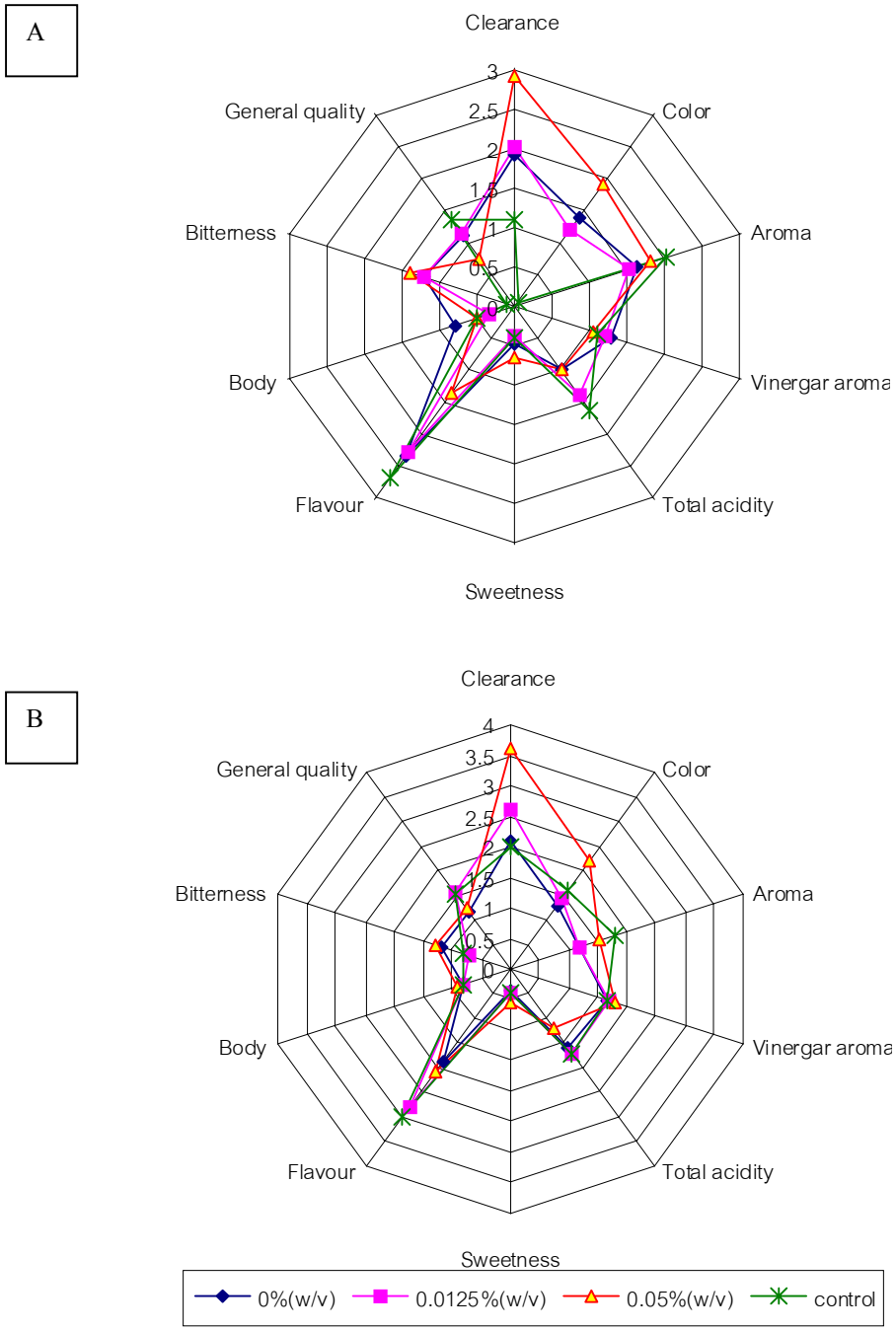
กันทางด้านการยอมรับ แต่ปาริชาติ วัฒนา (2519) และ William และคณะ (1978) พบว่าเอนไซม์เพคติเนสทำให้ไวน์มีกลิ่นรสน้อยกว่าไวน์ที่ไม่เติมเอนไซม์เพคติเนส Lao และคณะ (1997) พบว่าไวน์องุ่นที่เติมเอนไซม์เพคติเนสทำให้ปริมาณของกลุ่มแอลกอฮอล์ชั้นสูง ฟีนอลที่ระเหยได้ และเอสเทอร์เพิ่มขึ้น (Cruess *et al*., 1955; Revilla *et al*., 1998 และ Souferos *et al*., 2001)

เมื่อพิจารณาการยอมรับทางการทดสอบชิมพบว่า (ภาพที่ 17) ไวน์สับปะรดภูเก็ตที่เติมเอนไซม์เพคติเนสความเข้มข้น 0.05% (น้ำหนัก/ปริมาตร) ได้รับการยอมรับมากที่สุดทางด้านความใส สี ความหวาน และความขม แต่ได้รับการยอมรับน้อยในด้านคุณภาพโดยรวม ไวน์ชุดควบคุมได้รับการยอมรับมากที่สุดในด้านกลิ่นผลไม้ กรด รสชาติ และคุณภาพโดยรวม Sreenath และคณะ (1994) พบว่าน้ำสับปะรดที่เติมเอนไซม์และไม่เติมเอนไซม์ไม่มีความแตกต่างกันทางด้านการยอมรับ แต่ Lao และคณะ (1997) พบว่าไวน์ที่มีการเติมเอนไซม์จะได้รับการยอมรับมากกว่า Charley V.L.S. อ้างโดย Sreekantiah และคณะ (1968) พบว่าปริมาณเพคตินในน้ำผลไม้ที่เหลือจากการย่อยสลายด้วยเอนไซม์กลุ่มเพคติโนไลติกเอนไซม์จะให้ลักษณะตัวตน (body) ในไวน์

ดังนั้นนำเอนไซม์เพคติเนสมาใช้ในน้ำสับปะรดพันธุ์ภูเก็ตและไวน์สับปะรดพันธุ์ภูเก็ตที่เจือจาง 1:3 ควรใช้เอนไซม์เพคติเนสความเข้มข้น 0.05% (น้ำหนัก/ปริมาตร) โดยบ่มที่อุณหภูมิห้อง ($30\pm2^{\circ}$ซ) เป็นเวลา 30 นาที ซึ่งทำให้ปริมาตรของน้ำสับปะรดเพิ่มขึ้นถึง 20.60% เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำสับปะรดพันธุ์ภูเก็ตที่ไม่ได้เติมเอนไซม์ (0% น้ำหนัก/ปริมาตร และชุดควบคุม) เมื่อเก็บบ่มไวน์สับปะรดพันธุ์ภูเก็ตที่เติมเอนไซม์เพคติเนสความเข้มข้นที่ 0-0.05% (น้ำหนัก/ปริมาตร) และชุดควบคุมที่ 4°ซ ต่ออีกจนครบ 3 เดือน (ตารางที่ 10) พบว่าไวน์สับปะรดพันธุ์ภูเก็ตที่เติมและไม่เติมเอนไซม์เพคติเนสมี pH แอลกอฮอล์ $^{\circ}$Brix และกรดซิตริกลดลงเพียงเล็กน้อย ส่วน OD_{660} น้ำตาลทั้งหมด และน้ำตาลรีดิวซ์ลดลงอย่างเห็นได้ชัด ไวน์ที่มีปริมาณแอลกอฮอล์สูงสุดคือ ไวน์สับปะรดพันธุ์ภูเก็ตที่เติมเอนไซม์เพคติเนสความเข้มข้น 0.05% (น้ำหนัก/ปริมาตร)

เมื่อพิจารณาการยอมรับทางด้านการทดสอบชิมของไวน์ที่เติมและไม่เติมเอนไซม์เมื่อเก็บบ่มที่ 4°ซ จนครบ 3 เดือน (ภาคผนวก ซ และภาพที่ 17) พบว่าไวน์สับปะรดภูเก็ตที่เติมเอนไซม์เพคติเนสความเข้มข้น 0.05% (น้ำหนัก/ปริมาตร) ได้รับการยอมรับมากที่สุดทางด้านความใส สี กลิ่นน้ำส้มสายชู ความหวาน และความขม Cruess และคณะ (1955) พบว่าไวน์องุ่นที่เติม

เอนไซม์ เพคติเนสมีความใสหลังจากเติมเอนไซม์เพียง 4 วัน และหลังจาก 2 อาทิตย์ไวน์องุ่นที่เติมเอนไซม์มีความใสเปล่งประกายมากกว่าไวน์ที่ไม่ได้เติมซึ่งยังมีความขุ่น Lao และคณะ (1997) พบว่าไวน์องุ่นที่มีการเติมเอนไซม์จะได้รับการยอมรับทางการทดสอบชิมมากกว่า ซึ่งผลการทดสอบชิมทาง ด้านตัวตนของไวน์ไม่มีความแตกต่างกันทางการยอมรับ ซึ่งแตกต่างจาก Charley V.L.S. อ้างโดย



ภาพที่ 17 ภาพใยแมงมุมของการทดสอบชิมไวน์สับปะรดพันธุ์ภูเก็ตที่หมักด้วยเชื้อยีสต์

S. cerevisiae var. sake เปรียบเทียบเอนไซม์เพคติเนสที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ เมื่อเก็บบ่มไวน์ที่ 4°ซ เป็นเวลา 1 (A) และ 3 เดือน (B)

Figure 17 Radar chart of sensory evaluation of pineapple (Queen variety) wine fermented with *S. cerevisiae* var. sake with different concentrations of pectinase and aging at 4°C for 1 (A) and 3 months (B).

Sreekantiah และคณะ (1968) พบว่าปริมาณเพคตินในน้ำผลไม้ที่เหลือจากการย่อยสลายด้วยเอนไซม์กลุ่มเพคติโนไลติกเอนไซม์จะให้ลักษณะตัวตนในไวน์

9 ผลของการวิเคราะห์องค์ประกอบที่ทำให้เกิดกลิ่นรสในไวน์สับปะรดพันธุ์ภูเก็ตที่เติมเอนไซม์เพคติเนสที่ระดับความเข้มข้นต่างเมื่อเก็บบ่มที่ 4°ซ เป็นเวลา 3 เดือน

เนื่องจากสาร 1-โพลพานอล (1-propanol) ไอโซบิวทานอล (isobutanol) ไอโซเอมิลแอลกอฮอล์ (isoamyl alcohol) เอทิลอะซิเตท (ethyl acetate) และอะซิตอลดีไฮด์ (acetaldehyde) เป็นสารที่สำคัญในไวน์ (Longo *et al*., 1992; Mateo *et al*., 2001) ส่วนเมทานอล (methanol) จะเป็นสารที่ได้จากการเติมเอนไซม์เพคติเนส หลังจากเก็บบ่มไวน์ที่ 4°ซ จนครบ 3 เดือน ทำการวิเคราะห์สารให้กลิ่นรสเหล่านี้ที่มีในไวน์สับปะรดที่เติมและไม่เติมเอนไซม์เพคติเนสเปรียบเทียบกับน้ำสับปะรดพันธุ์ภูเก็ต ผลการทดลองแสดงในเชิงปริมาณในตารางที่ 12 และแสดงในรูปของเปอร์เซ็นต์เชิงคุณภาพดังตารางที่ 11 ภาคผนวก ฌ และภาคผนวก ญ

จากผลการวิเคราะห์สารให้กลิ่นรสในสับปะรดพันธุ์ภูเก็ตเชิงคุณภาพพบว่า น้ำสับปะรดประกอบด้วยกรดและเอสเทอร์เป็นส่วนมาก และมีแอลกอฮอล์ชั้นสูงในปริมาณที่น้อย ไวน์ชุดควบคุมมีสารให้กลิ่นรสน้อยกว่าไวน์ที่ไม่เติมเอนไซม์ (0% (น้ำหนัก/ปริมาตร)) อาจเนื่องมาจากความร้อนมีผลต่อการสกัดสารองค์ประกอบต่างๆในน้ำสับปะรดออกมา พบว่าไวน์สับปะรดพันธุ์ภูเก็ตที่เติมเอนไซม์เพคติเนสระดับความเข้มข้น 0.0125% (น้ำหนัก/ปริมาตร) มีสารให้กลิ่นรสมากกว่าไวน์ที่เติมเอนไซม์เพคติเนส ระดับความเข้มข้น 0.05% (น้ำหนัก/ปริมาตร) เช่นเดียวกับการทดลองของปาริชาติ วัฒนา (2519), William และคณะ (1978) และ Sreenath และ Santhanam (1992) พบว่าเอนไซม์เพคติเนสและความเข้มข้นของเอนไซม์เพคติเนสในระดับสูงส่งผลทำให้ไวน์ได้รับผลการทดสอบชิมน้อยกว่าไวน์ที่ไม่ได้เติมเอนไซม์หรือเติมในปริมาณที่น้อย

จากผลการศึกษากลิ่นรสของไวน์สับปะรดที่เติมเอนไซม์เพคติเนสที่ระดับความเข้มข้นต่างๆเชิงปริมาณ (ตารางที่ 12) พบว่าปริมาณไอโซเอมิลแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของเอนไซม์เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับการทดลองของ Lao และคณะ (1997) จากผลการทดลองพบว่า

ปริมาณเอทิลอะซิเตทเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นเอนไซม์จาก 0% ถึง 0.0125% (น้ำหนัก/ปริมาตร) แต่การเติมเอนไซม์เพคติเนสที่ระดับ 0.05% (น้ำหนัก/ปริมาตร) ไม่สามารถวัดเอทิลอะซิเตทได้ ซึ่งสอดคล้องกับการทดสอบชิมที่พบว่าตัวอย่างที่เติมเอนไซม์เพคติเนส 0.05% (น้ำหนัก/ปริมาตร) ได้รับการยอมรับทางการชิมทางด้านกลิ่นผลไม้น้อย เนื่องจากเอทิลอะซิเตทเป็นสารให้กลิ่นรสที่ทำให้เกิดกลิ่นผลไม้ในไวน์ (Wagener and wagener, 1967; Plata *et al.,* 2003; Mateo *et al.*,2001) ไวน์ที่เติมเอนไซม์เพคติเนส 0.0125% (น้ำหนัก/ปริมาตร) มีปริมาณไอโซบิวทานอลมากที่สุด และตรวจไม่พบอะซิตอลดีไฮด์ ซึ่งการมีปริมาณอะซิตอลดีไฮด์ต่ำหรือไม่มีในไวน์เป็นลักษณะที่ดีคือ ถ้าไวน์มีปริมาณอะซิตอลดีไฮด์มากกว่า 59 มิลลิกรัมต่อลิตร จะทำให้ไวน์เกิดกลิ่นรสไม่ดี (Kourkoutas *et al.,* 2003) และตรวจไม่พบเมทานอลด้วยเครื่อง GC-MS จึงนำไปตรวจกับ GC-FID เมื่อวิเคราะห์ปริมาณเมทานอลในไวน์โดยใช้เครื่อง GC-FID พบว่าไวน์สับปะรดพันธุ์ภูเก็ตที่เติมเอนไซม์เพคติเนส 0.0125% (น้ำหนัก/ปริมาตร) มีปริมาณเมทานอลมากที่สุด (60.78 ±5.53 มิลลิกรัม/ลิตร) ซึ่งแตกต่างจากการทดลองของ Brown และ Ough (1981) ที่พบว่าความเข้มข้นเอนไซม์เพคติเนสที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้เมทานอลในไวน์เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 11 การวิเคราะห์องค์ประกอบที่ทำให้เกิดกลิ่นรสในไวน์สับปะรดพันธุ์ภูเก็ตที่เติมเอนไซม์เพคติเนสที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ และในน้ำสับปะรดพันธุ์ภูเก็ตแสดงผลเชิงคุณภาพ

Table 11 Evaluation of volatile compounds of pineapple (Queen variety) wine with different concentrations of pectinase and pineapple (Queen variety) juice showed in quality data

Pineapple juice		Control		Pectinase concentration %(w/v), mg/l					
				0%		0.0125%		0.05%	
Formula	% of total	Formula	% of total	Formula	% of total	Formula	% of total	Formula	% of total
$C_4H_{10}O$	12.454	$C_4H_{10}O$	1.623	$C_4H_8O_2$	0.578	$C_4H_8O_2$	3.029	$C_4H_{10}O$	0.371
$C_{15}H_{30}O_2$	0.359	$C_5H_{12}O$	1.038	$C_8H_{10}O$	0.682	$C_4H_{10}O$	0.208	$C_5H_{12}O$	0.304
$C_{17}H_{34}O_2$	32.451	$C_8H_{10}O$	0.085	$C_{15}H_{30}O_2$	0.439	$C_7H_{10}O$	13.429	$C_6H_{12}O3$	0.008
$C_{32}H_{66}$	0.466	$C_{19}H_{34}O_2$	1.009	$C_{14}H_{34}O_2$	23.989	$C_5H_{12}O$	6.609	$C_5H_{10}O2$	0.005
$C_{16}H_{34}$	0.775	$C_{16}H_{32}O_2$	0.366	$C_{17}H_{32}O_2$	0.212	$C_8H_{10}O$	1.644	$C_8H_{10}O$	0.122
$C_{19}H_{38}O_2$	7.460			$C_{19}H_{36}O_2$	53.589	$C_{17}H_{34}O_2$	13.611	$C_8H_{16}O_2$	0.006
$C_{19}H_{36}O_2$	35.990			$C_{19}H_{34}O_2$	8.930	$C_{23}H_{48}$	0.963	$C_{17}H_{34}O_2$	0.005
$C_{19}H_{34}O_2$	6.920			$C_{21}H_{42}O_2$	0.271	$C_{26}H_{54}$	1.671		
$C_{14}H_{3O}$	0.773			$C_{20}H_{42}$	0.796	$C_{19}H_{38}O_2$	3.662		
$C_{21}H_{42}O_2$	0.598					$C_{19}H_{36}O_2$	33.486		
						$C_{19}H_{34}O_2$	8.214		
						$C_{35}H_{72}$	1.300		
						$C_{27}H_{56}$	0.860		

Note : for more detail please look in Appendix J1-J5

ตารางที่ 12 การวิเคราะห์องค์ประกอบที่ทำให้เกิดกลิ่นรสในไวน์สับปะรดพันธุ์ภูเก็ตที่เติมเอนไซม์เพคติเนสที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

Table 12 Evaluation of volatile compounds of pineapple (Queen variety) wine with different concentrations of pectinase

Compound (mg/l)	Pectinase concentration %(w/v)			
	control	0%	0.0125%	0.05%
Isoamyl alcohol[a]	378.79±14.68	408.88±9.54	412.28±3.30	1244.80±21.60
Isobutanol[a]	54.10±3.50	51.23±6.90	108.44±1.75	67.71±3.72
1-propanol[a]	58.89±12.53	-	-	94.38±3.80
Ethyl acetate[a]	-	280.29±14.37	519.76±19.17	-
Acetaldehyde[a]	-	-	-	-
Methanol[a]	-	-	-	-
Methanol[b]	44.95±1.38	46.21±1.58-	60.78 ±5.53	37.44±1.37-

Note - = can not detect

: 0% (w/v) is pineapple wine that not added pectinase enzyme and unactivated enzyme at 97°C for 5 mins

: control is pineapple wine that not added pectinase enzyme and not unactivated enzyme at 97°C for 5 mins

a = use 3 month aged wine at 4°C and analyzed by GC-MS

b = use 6 month aged wine at 4°C and analyzed by GC-MS