

## บทที่ 4

### ผลการทดลอง และวิจารณ์

#### 4.1 คุณภาพทางเคมีของเนื้อส้มสายน้ำผึ้ง

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของเนื้อส้มสายน้ำผึ้ง พบว่าปริมาณความชื้น (ร้อยละ  $87.00 \pm 0.04$ ) โปรตีน (ร้อยละ  $0.90 \pm 0.14$ ) ไขมัน (ร้อยละ  $0.14 \pm 0.00$ ) เกล็ด (ร้อยละ  $0.55 \pm 0.00$ ) และคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (ร้อยละ  $14.58 \pm 0.18$ ) ตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับที่กองโภชนาการ กรมอนามัย (2535) ซึ่งรายงานค่าปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เกล็ด และคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด เท่ากับร้อยละ 88.7, 0.6, 0.2 และ 9.9 ตามลำดับ จากข้อมูลดังกล่าวแสดงว่าในเนื้อส้มสายน้ำผึ้งส่วนใหญ่ประกอบด้วยน้ำ ซึ่งเมื่อนำน้ำส้มที่บีบคั้นได้ไปตรวจวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $12.8 \pm 1.1$  °Brix จากการศึกษาเบื้องต้นโดยการหมักน้ำหมักส้มสายน้ำผึ้งที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในระดับนี้ จะได้ปริมาณแอลกอฮอล์ค่อนข้างต่ำอยู่ในช่วงร้อยละ 5-7 (v/v) ซึ่งปริมาณแอลกอฮอล์ที่ต่ำระดับนี้ มีความเสี่ยงต่อการเสื่อมเสียเนื่องจากการเจริญเชื้อน้ำส้มสายชู (acetobacter bacteria) ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นเน่าและมีกรดอะซิติกเกิดขึ้น อีกทั้งปริมาณแอลกอฮอล์ที่ต่ำเกินไปไม่คุ้มค่ากับการกลั่น จากการศึกษาเบื้องต้นยังพบอีกว่า ถ้ามีการเติมน้ำตาลทรายขาวลงไปให้น้ำหมักให้มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้เป็น 22 °Brix เมื่อนำไปหมักจะให้ปริมาณแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 10-12 (v/v) ซึ่งจะช่วยแก้ปัญหาดังกล่าวได้

#### 4.2 วิธีการที่เหมาะสมในการเตรียมน้ำหมักส้มสายน้ำผึ้ง

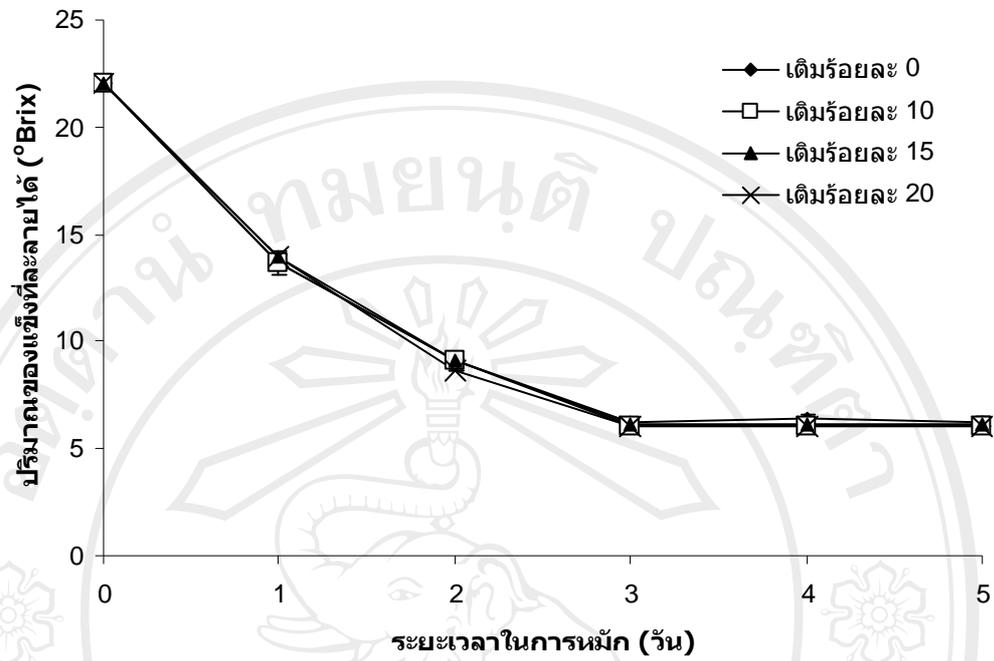
##### 4.2.1 ผลของการเติมเปลือกส้มสายน้ำผึ้งผสมลงในน้ำหมักส้มสายน้ำผึ้ง

นำเนื้อส้มสายน้ำผึ้งมาบดพอละเอียด เติมน้ำตาลทรายขาวปรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้เป็น 22 °Brix เติมโปแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ (KMS) 200 ppm และไดแอมโมเนียมฟอสเฟต (DAP) 300 ppm บรรจุลงถังหมัก เติมเปลือกส้มสายน้ำผึ้งร้อยละ 0, 10, 15 และ 20 (w/w) ของน้ำหมัก ตั้งไว้ 24 ชั่วโมง จากนั้นเติมหัวเชื้อยีสต์ลงไปร้อยละ 10 ของน้ำหมัก (ซึ่งหัวเชื้อยีสต์เตรียมโดยใช้เนื้อสัปปะรดปั่นผสมกับน้ำสะอาดในอัตราส่วน 1:1 กรองด้วยผ้าขาวบาง นำไปต้มให้เดือด ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นเติมหัวเชื้อยีสต์ผง LalvinV1116 ลงไปตั้งทิ้งไว้)

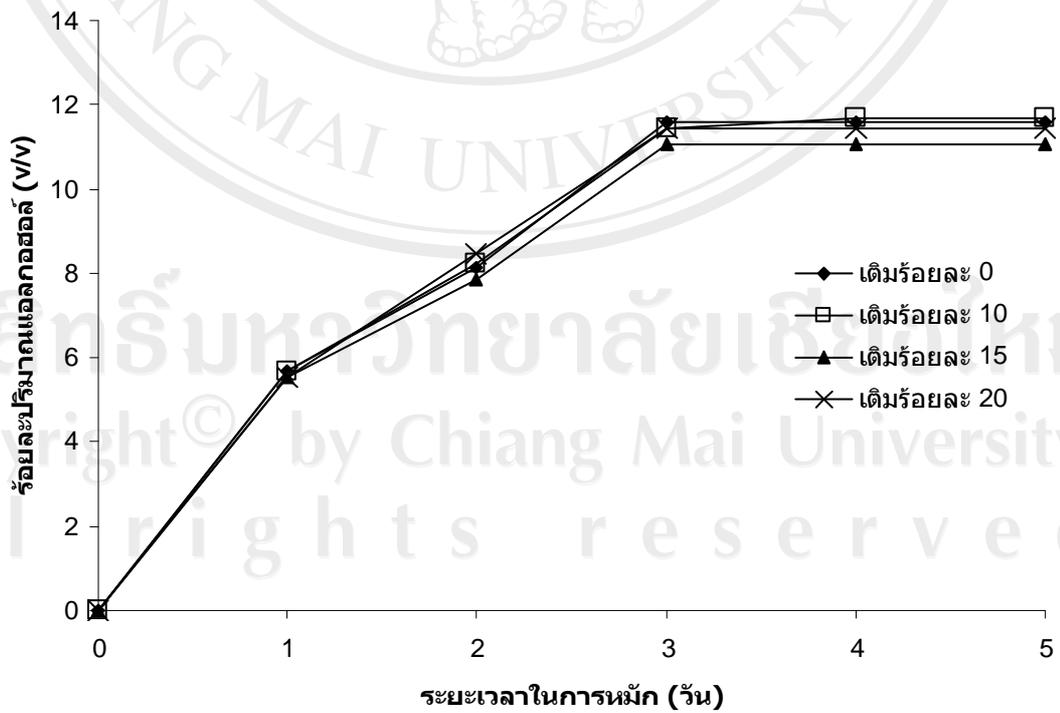
จากการตรวจคุณภาพน้ำหมักในวันที่ 1-4 พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (รูป 4.1) ปริมาณแอลกอฮอล์ (รูป 4.2) และปริมาณกรดทั้งหมด (รูป 4.3) มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้น โดยปริมาณของแข็งที่ละลายได้มีแนวโน้มลดลง แต่ปริมาณแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้น เนื่องจากในกระบวนการหมักของยีสต์จะใช้น้ำตาลแล้วเปลี่ยนให้เป็นแอลกอฮอล์ ส่วนปริมาณกรดทั้งหมดมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และในวันที่ 5 พบว่าทั้งปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และปริมาณแอลกอฮอล์ มีค่าใกล้เคียงกัน คืออยู่ในช่วง 6.0-6.3 °Brix และร้อยละ 11.1-11.7 (v/v) ตามลำดับ (ตาราง 4.1) แสดงว่าการหมักได้สิ้นสุดลงในวันที่ 5 ของการหมัก

เมื่อพิจารณาปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (รูป 4.1) และปริมาณแอลกอฮอล์ (รูป 4.2) ในน้ำหมักที่มีการเติมเปลือกส้มร้อยละ 0, 10, 15 และ 20 (w/w) พบว่าการเติมเปลือกส้มไม่ได้มีผลต่อการเจริญของยีสต์ ซึ่งสังเกตได้จากปริมาณของแข็งที่ละลายได้ที่ลดลงและปริมาณแอลกอฮอล์ที่เพิ่มขึ้น โดยมีแนวโน้มที่ไม่แตกต่างกันกับน้ำหมักที่ไม่มีการเติมเปลือก ส่วนระยะเวลาในการหมัก พบว่าการหมักเริ่มสิ้นสุดลงตั้งแต่วันที่ 3 ของการหมัก ซึ่งสังเกตได้จากปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และปริมาณแอลกอฮอล์ที่เริ่มคงที่ แต่การทำงานของยีสต์ยังมีอยู่ ซึ่งสังเกตได้จากยังมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาจากถังหมัก เพื่อให้แน่ใจว่าการทำงานของยีสต์สิ้นสุด จึงให้มีการหมักต่อไป จนถึงวันที่ 5 ของการหมัก พบว่าไม่มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แสดงว่าการหมักได้สิ้นสุดลง ดังนั้นในการทดลองครั้งต่อไปจึงใช้เวลาการหมักเป็นเวลา 5 วัน

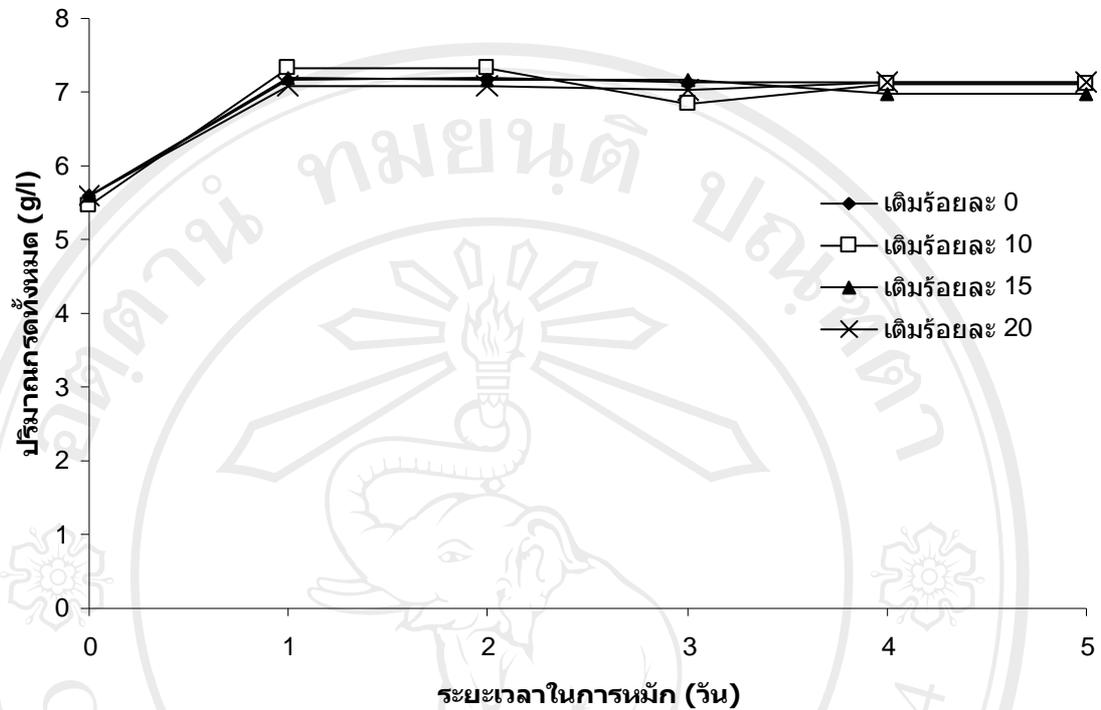
หลังสิ้นสุดการหมัก (วันที่ 5) ทำการกรองแยกกากออกด้วยผ้าขาวบางได้เป็นน้ำสำ นำน้ำสำที่ได้ไปตรวจคุณภาพ พบว่าในแต่ละระดับของการเติมเปลือกส้มให้ปริมาณแอลกอฮอล์ กับผลผลิตน้ำสำจากผลส้มที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) แต่ในทางปฏิบัติปริมาณแอลกอฮอล์ และผลผลิตน้ำสำจากผลส้มใกล้เคียงกัน อยู่ในช่วงร้อยละ 11.1-11.7 (v/v) และร้อยละ 73.59-76.68 (v/w) ตามลำดับ (ตาราง 4.1) สำหรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และปริมาณกรดทั้งหมดในน้ำสำมีค่าใกล้เคียงกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 6.0-6.3 °Brix และ 6.98-7.14 g/L ตามลำดับ



รูป 4.1 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในระหว่างการหมักส้มสายน้ำผึ้งที่เติมเปลือกกระดับต่างๆ



รูป 4.2 ปริมาณแอลกอฮอล์ในระหว่างการหมักส้มสายน้ำผึ้งที่เติมเปลือกกระดับต่างๆ



รูป 4.3 ปริมาณกรดในระหว่างการหมักสัสมายน้ำผึ้งที่เติมเปลือกกระด้างต่างๆ

เมื่อนำน้ำส้มที่ได้ไปกลั่นด้วยเครื่องกลั่นอย่างง่าย ทำการวัดด้วยเครื่องวัดแอลกอฮอล์แบบมือถือ วัดความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ที่กลั่นออกมาจากความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ลดลงเรื่อยๆ จนถึงร้อยละ 40 (v/v) จึงหยุดการกลั่น พบว่าความเข้มข้นแอลกอฮอล์ของสุรากลั่นอยู่ในช่วงร้อยละ 54.0-55.3 (v/v) (ตาราง 4.1) ด้านผลผลิตแอลกอฮอล์จากผลสัสม และประสิทธิภาพในการกลั่น มีค่าใกล้เคียงกัน อยู่ในช่วงร้อยละ 6.10-6.45 (v/w) และร้อยละ 48.27-51.23 ตามลำดับ เมื่อหาประสิทธิภาพของการกลั่นโดยเฉลี่ย พบว่ามีค่าเท่ากับร้อยละ 49.64 ซึ่งค่านี้เป็นค่าที่แสดงถึงความสามารถในการแยกแอลกอฮอล์ออกจากน้ำส้มด้วยเครื่องกลั่นอย่างง่าย ภายใต้อุณหภูมิเดียวกัน คือ ตัดส่วนหัวร้อยละ 0.8 ของปริมาตรน้ำส้มที่กลั่น และหยุดการกลั่นเมื่อความเข้มข้นของแอลกอฮอล์สุดท้ายเป็นร้อยละ 40 (v/v)

ตาราง 4.1 คุณภาพของน้ำส้ม และสุรากลั่นที่ได้จากการหมักส้มสายน้ำผึ้งที่ผสมเปลือกส้มลงไป  
ระดับต่างๆ

ลักษณะคุณภาพ	ปริมาณเปลือกที่ผสมลงในน้ำหมัก (ร้อยละ)			
	0	10	15	20
<b>น้ำส้มก่อนกลั่น</b>				
- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (°Brix) <sup>ns</sup>	6.3 ± 0.2	6.0 ± 0.0	6.1 ± 0.1	6.0 ± 0.0
- ปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละ, v/v)	11.6 <sup>ab</sup> ± 0.1	11.7 <sup>a</sup> ± 0.1	11.1 <sup>c</sup> ± 0.1	11.4 <sup>b</sup> ± 0.1
- ปริมาณกรดทั้งหมด (กรดดซิทริก) (g/L) <sup>ns</sup>	7.14 ± 0.19	7.11 ± 0.20	6.98 ± 0.04	7.14 ± 0.00
- ผลผลิตน้ำส้มจากผลส้ม (ร้อยละ, v/w)	76.68 <sup>a</sup> ± 2.14	74.21 <sup>ab</sup> ± 0.00	73.59 <sup>b</sup> ± 1.07	74.83 <sup>ab</sup> ± 1.07
- ปริมาณน้ำส้ม (ร้อยละ, v/w)	59.04 <sup>a</sup> ± 1.65	57.14 <sup>ab</sup> ± 0.00	56.66 <sup>b</sup> ± 0.83	57.61 <sup>ab</sup> ± 0.83
<b>สุรากลั่นที่ได้</b>				
- ปริมาตร* (mL/เนื้อส้ม 3.5 kg)	205 ± 5	204 ± 3	207 ± 2	218 ± 2
- ความเข้มข้นของแอลกอฮอล์* (ร้อยละ, v/v)	55.3 ± 1.2	54.7 ± 1.2	54.0 ± 0.0	54.0 ± 0.0
<b>สุรากลั่นหลังปรับเป็นร้อยละ 40 (v/v)</b>				
- ปริมาตร (mL/เนื้อส้ม 3.5 kg)	285 <sup>b</sup> ± 5	281 <sup>b</sup> ± 1	279 <sup>b</sup> ± 2	295 <sup>a</sup> ± 3
- ผลผลิตแอลกอฮอล์จากผลส้ม (ร้อยละ, v/w)	6.24 <sup>b</sup> ± 0.39	6.15 <sup>b</sup> ± 0.04	6.10 <sup>b</sup> ± 0.09	6.45 <sup>a</sup> ± 0.11
- ประสิทธิภาพของการกลั่น	48.27 <sup>ab</sup> ± 2.49	48.15 <sup>b</sup> ± 0.49	50.93 <sup>ab</sup> ± 0.74	51.23 <sup>a</sup> ± 1.52

หมายเหตุ 1) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามเนวนอน อักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

2) ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

3) \* หมายถึง ไม่มีการเปรียบเทียบทางสถิติ

หลังจากนำสุราที่กลั่นได้ในทุกระดับของการเติมเปลือกส้มไปปรับความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ให้เป็นร้อยละ 40 (v/v) ได้เป็นสุราส้มสายน้ำผึ้ง นำไปทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยผู้ทดสอบชิมจำนวน 15 คน พบว่า การยอมรับด้านกลิ่นส้มในทุกระดับของการเติมเปลือกลงในน้ำหมักมีค่าใกล้เคียงกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) มีคะแนนอยู่ในช่วง 5.60-6.00 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อย (ตาราง 4.2) ส่วนรสชาติ และการยอมรับรวม พบว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง ซึ่งมีระดับคะแนนอยู่ในช่วง 4.60-5.40 และ 4.73-5.07 ตามลำดับ

จากคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ได้แสดงว่า การเติมเปลือกส้มร้อยละ 10, 15 และ 20 (w/w) ลงในน้ำหมัก ไม่ได้ช่วยให้สุราส้มสายน้ำผึ้งมีกลิ่นส้มดีขึ้น (ซึ่งจากตาราง 4.2 พบว่าการเติมเปลือกที่ระดับดังกล่าว มีคะแนนความชอบที่ไม่แตกต่างกับการไม่เติมเปลือก) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกลิ่นส้มบางส่วนมีการระเหยออกไปกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นในระหว่างการหมัก อีกทั้งรสชาติของสุราที่ได้ยังไม่เป็นที่ยอมรับ อาจเป็นผลจากในระหว่างการหมัก มีการย่อยสลายของเปลือกส้ม และทำให้ได้สารประกอบอื่น ซึ่งมีผลต่อกลิ่น และรสชาติของสุราที่ได้ ดังนั้นจึงต้องทำการศึกษาวิธีการเติมเปลือกที่เหมาะสมต่อไป

ตาราง 4.2 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของสุราส้มสายน้ำผึ้งที่ผสมเปลือกส้มลงไปในระดับต่างๆ

ลักษณะคุณภาพ	ปริมาณเปลือกที่ผสมลงในน้ำหมัก (ร้อยละ)			
	0	10	15	20
กลิ่นส้ม <sup>ns</sup>	5.80 ± 2.14	5.60 ± 1.84	6.00 ± 1.41	5.60 ± 2.32
รสชาติ	5.93 <sup>a</sup> ± 1.79	4.60 <sup>b</sup> ± 2.10	5.40 <sup>ab</sup> ± 2.16	4.93 <sup>b</sup> ± 1.94
การยอมรับรวม	5.87 <sup>a</sup> ± 1.64	4.73 <sup>b</sup> ± 2.02	5.07 <sup>ab</sup> ± 2.05	5.00 <sup>ab</sup> ± 2.07

หมายเหตุ 1) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน อักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

2) ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

#### 4.2.2 ผลของการเติมเปลือกส้มรูปแบบต่างๆในการผลิตสุรากลิ่นส้มสายน้ำผึ้ง

เตรียมน้ำหมักจากเนื้อส้มสายน้ำผึ้ง (เหมือนข้อ 4.2.1) ทำการหมักเปรียบเทียบระหว่างการเติมเปลือกส้มรูปแบบต่างๆ คือการเติมเปลือกส้ม (เปลือกสด และเปลือกแช่แข็ง) ลงผสมน้ำหมักร้อยละ 10 ของน้ำหนักน้ำหมัก กับการเติมเปลือกส้ม (เปลือกสด และเปลือกแช่แข็ง) ลงผสมน้ำหมักหลังการกรองในปริมาณร้อยละ 10 ของน้ำหนักน้ำหมักเช่นกัน หลังจากสิ้นสุดการหมัก (วันที่ 5)

นำน้ำส้มที่ได้มาทำการตรวจคุณภาพ พบว่าน้ำส้มทั้ง 4 ตัวอย่าง มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ปริมาณแอลกอฮอล์ และผลผลิตน้ำส้มจากผลส้มมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งอยู่ในช่วง 5.8-6.0 °Brix (ตาราง 4.3) ร้อยละ 10.8-11.1 (v/v) และร้อยละ 71.74-74.21 (v/w) ตามลำดับ ส่วนปริมาณกรดทั้งหมดมีค่าใกล้เคียงกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p>0.05$ ) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 5.88-6.07 g/L เมื่อนำน้ำส้มที่ได้ไปกลั่นพบว่า ความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ในสุรากลั่นทั้งหมดอยู่ในช่วงร้อยละ 54.2-55.0 (v/v) หลังจากทำการปรับสุรากลั่นที่ได้เป็นร้อยละ 40 (v/v) พบว่าได้ปริมาตรสุราอยู่ในช่วง 275-286 mL ผลผลิตแอลกอฮอล์จากผลส้มมีค่าใกล้เคียงกันอยู่ในช่วงร้อยละ 6.02-6.26 (v/w) ส่วนประสิทธิภาพของการกลั่นมีค่าใกล้เคียงกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p>0.05$ ) อยู่ในช่วงร้อยละ 52.03-53.49 จากค่าต่างๆที่ได้จะเห็นว่ามีความใกล้เคียงกันในทุก 4 สิ่งทดลอง ทั้งนี้ เนื่องจากการเตรียมน้ำหมักในรูปแบบเดียวกัน มีการควบคุมสภาวะการหมักและการกลั่นเหมือนกัน ดังนั้นสิ่งที่จะแตกต่างจะขึ้นอยู่กับขั้นตอนการทดสอบทางประสาทสัมผัส

นำสุราส้มสายน้ำผึ้งที่ได้ ไปทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าคุณภาพด้านกลิ่นส้ม และการยอมรับรวมในสุราส้มสายน้ำผึ้งที่มีการผสมเปลือกในน้ำส้มแล้วกลั่น มีกลิ่นส้ม และการยอมรับรวมอยู่ในเกณฑ์ขอบปานกลาง โดยมีคะแนนอยู่ในช่วง 7.00-7.07 (ตาราง 4.4) และ 6.47-6.73 คะแนน ตามลำดับ ตามลำดับ โดยได้รับคะแนนความชอบมากกว่าสุราส้มสายน้ำผึ้งที่มีการเติมเปลือกส้มลงในน้ำหมัก ซึ่งมีคะแนนความชอบด้านกลิ่นส้ม และการยอมรับรวม อยู่ในช่วง 5.60-5.73 และ 5.27-5.40 ตามลำดับ โดยระดับคะแนนในช่วงดังกล่าว อยู่ในเกณฑ์บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ ส่วนด้านรสชาติไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $p>0.05$ ) โดยมีคะแนนอยู่ในช่วง 5.0-6.0 ซึ่งเป็นระดับคะแนนที่อยู่ในเกณฑ์บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่

จากคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ได้ เห็นได้ว่าการผสมเปลือกส้มลงในน้ำส้มได้สุราส้มสายน้ำผึ้ง ที่มีคุณภาพด้านกลิ่นส้มดีกว่าการผสมเปลือกส้มลงในน้ำหมัก (ตาราง 4.4) โดยชนิดของเปลือกสด และเปลือกแช่แข็งให้คุณภาพใกล้เคียงกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p>0.05$ ) ดังนั้นในการผลิตสุราส้มสายน้ำผึ้ง จึงสามารถใช้เปลือกได้ส้มทั้ง 2 แบบ ซึ่งเปลือกสดสามารถใช้ได้ในช่วงฤดูกาลที่มีส้มเป็นจำนวนมาก ซึ่งสามารถแกะเปลือกแล้วใช้ได้ทันที แต่เนื่องจากกลิ่นของเปลือกส้มเป็นกลิ่นที่ได้มาจากน้ำมันหอมระเหย ซึ่งถ้าเก็บเป็นเวลานานโดยไม่มีการแช่แข็ง กลิ่นที่มีอยู่อาจจะหายไป อีกทั้งอาจทำให้เกิดการเน่าเสียได้ ซึ่งอาจเกิดเป็นกลิ่นไม่พึงประสงค์ ที่จะมีผลต่อคุณภาพของสุรา ดังนั้นการเก็บเปลือกส้มในรูปแบบเปลือกแช่แข็งจึงเป็นทางเลือกหนึ่ง เพื่อต้องการเก็บรักษาคุณภาพของกลิ่นส้มที่ดีสม่ำเสมอ

ตาราง 4.3 ลักษณะคุณภาพของน้ำส้มและสุรากลั่นที่ได้จากการหมักส้มสายน้ำผึ้งที่มีการเติมเปลือกส้มรูปแบบต่างๆ

ลักษณะคุณภาพ	รูปแบบของเปลือกส้มที่เติม			
	เปลือกสดผสม พร้อมน้ำหมัก	เปลือกแห้งผสม พร้อมน้ำหมัก	เปลือกสดผสมใน น้ำส้ม	เปลือกแห้งผสม ในน้ำส้ม
<b>น้ำส้มก่อนกลั่น</b>				
- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ( <sup>o</sup> Brix) <sup>ns</sup>	6.0 <sup>a</sup> ± 0.0	6.0 <sup>a</sup> ± 0.1	6.0 <sup>a</sup> ± 0.0	5.8 <sup>b</sup> ± 0.1
- ปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละ, v/v)	10.8 <sup>b</sup> ± 0.1	11.1 <sup>a</sup> ± 0.1	10.9 <sup>ab</sup> ± 0.1	10.8 <sup>b</sup> ± 0.1
- ปริมาณกรดทั้งหมด (กรดซิตริก) (g/L) <sup>ns</sup>	5.97 ± 0.08	5.95 ± 0.70	5.88 ± 0.25	6.07 ± 0.08
- ผลผลิตน้ำส้มจากผลส้ม (ร้อยละ, v/w)	74.21 <sup>b</sup> ± 0.00	71.74 <sup>a</sup> ± 2.14	74.21 <sup>b</sup> ± 0.00	74.21 <sup>b</sup> ± 0.00
- ปริมาณน้ำส้ม <sup>ns</sup> (ร้อยละ, v/w)	55.24 ± 1.65	57.14 ± 0.00	56.19 ± 1.65	57.14 ± 0.00
<b>สุรากลั่นที่ได้</b>				
- ปริมาตร* (mL/เนื้อส้ม 3.5 kg)	209 ± 3	208 ± 3	208 ± 3	203 ± 1
- ความเข้มข้นของแอลกอฮอล์* (ร้อยละ, v/v)	54.2 ± 0.3	55.0 ± 1.3	55.0 ± 1.3	54.5 ± 0.9
<b>สุรากลั่นหลังปรับเป็นร้อยละ 40 (v/v)</b>				
- ปริมาตร (mL/เนื้อส้ม 3.5 kg)	286 <sup>a</sup> ± 2	285 <sup>a</sup> ± 3	275 <sup>b</sup> ± 6	286 <sup>a</sup> ± 2
- ผลผลิตแอลกอฮอล์จากผลส้ม (ร้อยละ, v/w)	6.26 <sup>a</sup> ± 0.15	6.24 <sup>a</sup> ± 0.13	6.02 <sup>b</sup> ± 0.06	6.26 <sup>a</sup> ± 0.11
- ประสิทธิภาพของการกลั่น <sup>ns</sup>	52.03 ± 0.58	53.49 ± 1.83	52.31 ± 0.94	52.65 ± 0.26

หมายเหตุ 1) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน อักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

2) ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

3) \* หมายถึง ไม่มีการเปรียบเทียบทางสถิติ

ตาราง 4.4 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของสุราส้มสายน้ำผึ้งที่มีการเติมเปลือกส้มรูปแบบต่างๆ

ลักษณะคุณภาพ	รูปแบบของเปลือกส้มที่เติม			
	เปลือกสดผสม พร้อมน้ำหมัก	เปลือกแช่แข็งผสม พร้อมน้ำหมัก	เปลือกสดผสมใน น้ำส้ม	เปลือกแช่แข็ง ผสมในน้ำส้ม
กลิ่นส้ม	5.73 <sup>b</sup> ± 1.58	5.60 <sup>b</sup> ± 1.84	7.00 <sup>a</sup> ± 1.20	7.07 <sup>a</sup> ± 1.44
รสชาติ <sup>ns</sup>	5.00 ± 1.41	5.33 ± 1.99	6.00 ± 1.60	5.53 ± 1.73
การยอมรับรวม	5.27 <sup>b</sup> ± 1.49	5.40 <sup>b</sup> ± 1.99	6.73 <sup>a</sup> ± 0.96	6.47 <sup>ab</sup> ± 2.07

หมายเหตุ 1) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน อักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

2) ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

#### 4.2.3 ปริมาณเปลือกส้มสายน้ำผึ้งที่เหมาะสมในการเติมลงในน้ำส้ม

เตรียมน้ำหมักจากส้มสายน้ำผึ้งสด เติมน้ำตาลทรายขาวปรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้เป็น 22 °Brix จากนั้นเติมโปแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ 200 ppm และไดแอมโมเนียมฟอสเฟต 300 ppm บรรจุลงถังหมัก เติมหิวเชื้อยีสต์ ทำการหมักที่อุณหภูมิห้อง เมื่อการหมักสิ้นสุดลง (วันที่ 5) ทำการตรวจวัดคุณภาพของน้ำส้ม พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และปริมาณแอลกอฮอล์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ซึ่งมีค่า 6.0 °Brix (ตาราง 4.5) และร้อยละ 10.8-10.9 (v/v) ตามลำดับ ส่วนปริมาณกรดและผลผลิตน้ำส้มจากผลส้มมีใกล้เคียงกัน ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 6.35-6.60 g/L และร้อยละ 71.73-74.21 (v/w) ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าคุณภาพของน้ำส้มที่ได้ไม่แตกต่างกันมากนัก เนื่องจากการเตรียมน้ำหมักในรูปแบบเดียวกัน น้ำส้มที่ได้มาเติมเปลือกส้มในระดับที่แตกต่างกันคือร้อยละ 0, 5, 10 และ 15 (w/w) แล้วนำไปกลั่น เมื่อการกลั่นสิ้นสุดลงพบว่าสุราที่ได้ความเข้มข้นของแอลกอฮอล์อยู่ในช่วงร้อยละ 51.7-53.2 (v/v) หลังจากปรับเป็นสุราส้มสายน้ำผึ้งความเข้มข้นร้อยละ 40 (v/v) พบว่าปริมาตรสุราที่ได้ และผลผลิตแอลกอฮอล์จากผลส้มมีค่าใกล้เคียงกัน อยู่ในช่วง 341-354 mL และร้อยละ 7.46-7.76 (v/w) ตามลำดับ ส่วนประสิทธิภาพของการกลั่น มีค่าที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) อยู่ในช่วงร้อยละ 62.94-65.66 หลังจากนำสุราส้มสายน้ำผึ้งที่ได้ไปทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบในสุราส้มสายน้ำผึ้งที่มีการเติมเปลือกส้มลงไปร้อยละ 5, 10 และ 15 (w/w) ในด้านกลิ่นส้มใกล้เคียงกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ซึ่งมีคะแนนอยู่ในช่วง 7.07-7.57 ซึ่งเป็นระดับคะแนนที่อยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง (ตาราง 4.6) ส่วนรสชาติและการยอมรับรวม ได้รับคะแนนความชอบอยู่ในช่วง 6.07-6.86 ซึ่งเป็นระดับคะแนนที่อยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อย

ตาราง 4.5 ลักษณะคุณภาพของน้ำส้มและสุรากลั่นที่ได้จากการหมักส้มสายน้ำผึ้งที่มีการเติมเปลือกส้มผสมน้ำส้มที่ระดับต่างกัน

ลักษณะคุณภาพ	ปริมาณเปลือกที่เติมลงในน้ำส้ม (ร้อยละ)			
	0	5	10	15
<b>น้ำส้มก่อนกลั่น</b>				
- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ( <sup>o</sup> Brix) <sup>ns</sup>	6.0 ± 0.0	6.0 ± 0.0	6.0 ± 0.0	6.0 ± 0.0
- ปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละ, v/v)	10.9 ± 0.1	10.9 ± 0.1	10.8 ± 0.0	10.8 ± 0.0
- ปริมาณกรดทั้งหมด (กรดซิตริก) (g/L) <sup>ns</sup>	6.46 <sup>ab</sup> ± 0.04	6.60 <sup>a</sup> ± 0.11	6.35 <sup>b</sup> ± 0.08	6.35 <sup>b</sup> ± 0.08
- ผลผลิตน้ำส้มจากผลส้ม (ร้อยละ, v/w)	71.73 <sup>b</sup> ± 2.14	74.21 <sup>a</sup> ± 0.00	74.21 <sup>a</sup> ± 0.00	74.21 <sup>a</sup> ± 0.00
- ปริมาณน้ำส้ม (ร้อยละ, v/w)	55.24 <sup>b</sup> ± 1.65	57.14 <sup>a</sup> ± 0.00	57.14 <sup>a</sup> ± 0.00	57.14 <sup>a</sup> ± 0.00
<b>สุรากลั่นที่ได้</b>				
- ปริมาตร <sup>*</sup> (mL/เนื้อส้ม 3.5 kg)	259 ± 1	256 ± 3	264 ± 4	264 ± 1
- ความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ <sup>*</sup> (ร้อยละ, v/v)	53.2 ± 0.8	53.2 ± 0.3	52.5 ± 0.9	51.7 ± 0.3
<b>สุรากลั่นหลังปรับเป็นร้อยละ 40 (v/v)</b>				
- ปริมาตร (mL/เนื้อส้ม 3.5 kg) <sup>ns</sup>	354 ± 2	341 ± 4	346 ± 7	341 ± 2
- ผลผลิตแอลกอฮอล์จากผลส้ม (ร้อยละ, v/w) <sup>ns</sup>	7.76 ± 0.13	7.46 ± 0.15	7.57 ± 0.11	7.46 ± 0.06
- ประสิทธิภาพของการกลั่น <sup>ns</sup>	65.66 ± 2.07	62.94 ± 1.33	64.17 ± 1.43	63.31 ± 0.33

หมายเหตุ 1) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวอน อักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p ≤ 0.05)

2) ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

3)\* หมายถึง ไม่มีการเปรียบเทียบทางสถิติ

จากคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ได้ แสดงให้เห็นว่าการเติมเปลือกส้มผสมในน้ำสำร่อยละ 5-15 (w/w) ทำให้ได้สุร่าส้มสายน้ำผึ้งที่มีคุณภาพดีกว่าการไม่เติมเปลือกส้มลงในน้ำสำ (มีคะแนนความชอบอยู่ในเกณฑ์บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่) ส่วนปริมาณเปลือกส้มที่เหมาะสมในผสมลงในน้ำสำสามารถเติมได้ตั้งแต่ร้อยละ 5-15 (w/w) เนื่องจากปริมาณเปลือกดังกล่าวให้คุณภาพด้านกลิ่น สัม รสชาติและการยอมรับรวม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p>0.05$ )

ตาราง 4.6 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของสุร่าส้มสายน้ำผึ้งที่มีการเติมเปลือกส้มผสมน้ำสำที่ระดับต่างกัน

ลักษณะคุณภาพ	ปริมาณเปลือกที่เติมลงในน้ำสำ (ร้อยละ)			
	0	5	10	15
กลิ่นส้ม	5.43 <sup>b</sup> ± 1.74	7.07 <sup>a</sup> ± 1.07	7.57 <sup>a</sup> ± 0.85	7.50 <sup>a</sup> ± 0.94
รสชาติ	5.36 <sup>b</sup> ± 1.95	6.29 <sup>ab</sup> ± 1.54	6.07 <sup>ab</sup> ± 1.77	6.57 <sup>a</sup> ± 1.02
การยอมรับรวม	5.21 <sup>b</sup> ± 1.89	6.29 <sup>a</sup> ± 1.44	6.29 <sup>a</sup> ± 1.27	6.86 <sup>a</sup> ± 1.10

หมายเหตุ 1) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน อักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

2) ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

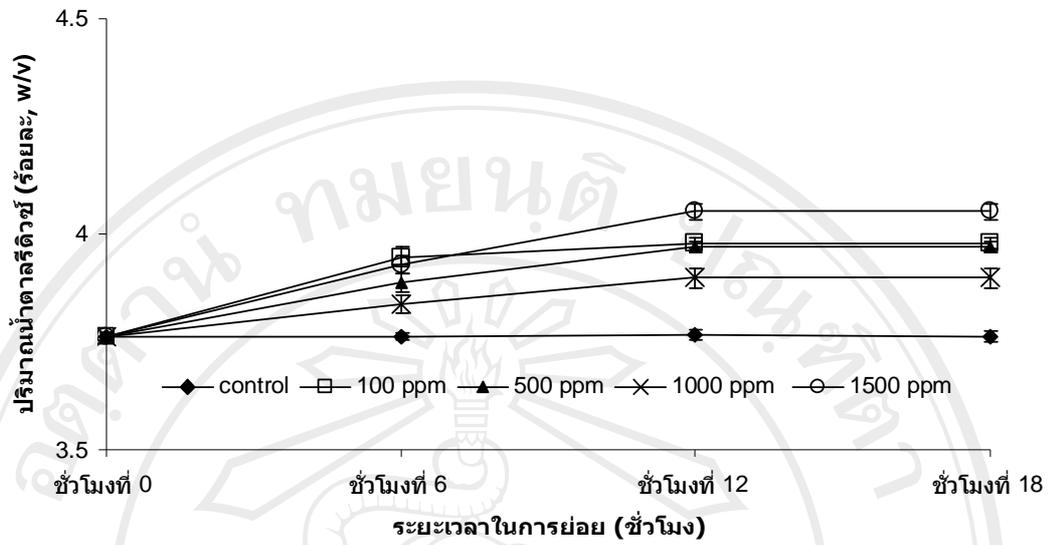
#### 4.3 ศึกษาผลของการใช้เอนไซม์ต่อการเพิ่มประสิทธิภาพในการเตรียมน้ำหมักส้มสายน้ำผึ้ง

##### 4.3.1 ผลการใช้เอนไซม์เซลลูเลสในน้ำหมักส้มสายน้ำผึ้ง

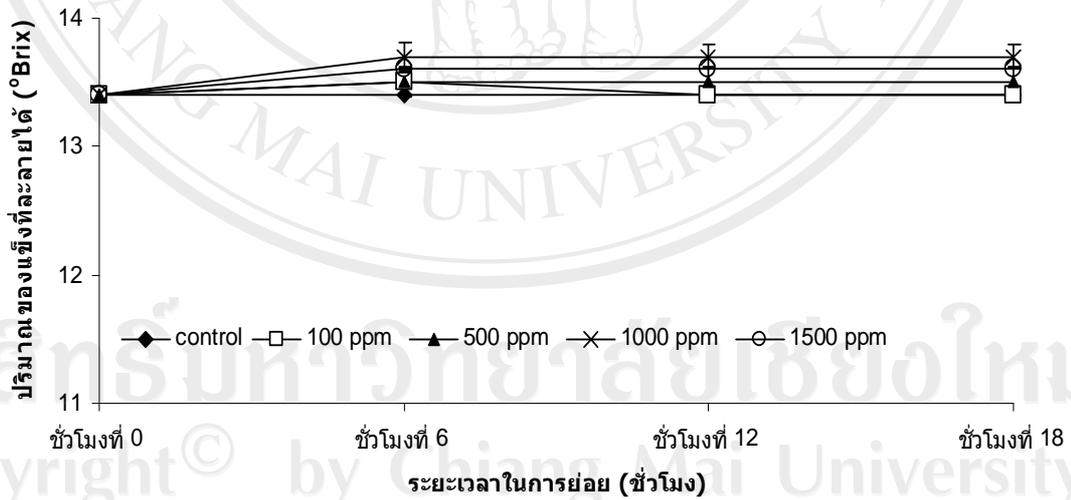
นำส้มสายน้ำผึ้งมาบด เตรียมเป็นน้ำหมักเติมเอนไซม์เซลลูเลส ทำการย่อยที่สภาวะต่างๆ คือ อุณหภูมิควบคุม ( $30 \pm 2$  องศาเซลเซียส) อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และการเพิ่มอุณหภูมิเป็น 60 องศาเซลเซียสแล้วเติมเอนไซม์ โดยระดับการย่อยคือ 0, 100, 500, 1000 และ 1500 ppm ทำการย่อยทั้งสิ้น 18 ชั่วโมง ทำการตรวจวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทุกๆ 6 ชั่วโมง จากปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และปริมาณของแข็งที่ละลายได้เริ่มต้นเท่ากับร้อยละ 3.75 (w/v) และ 13.4 °Brix ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดการย่อย พบว่า การย่อยโดยการควบคุมอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ด้วยเอนไซม์ที่ระดับ 1500 ppm ให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงที่สุดคือร้อยละ 4.05 (w/v) (รูป 4.4) รองลงมาเป็น 100, 500 และ 1000 ppm ซึ่งมีค่าร้อยละ 3.98, 3.97 และ 3.89 (w/v) ตามลำดับ ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้นั้นที่ระดับ 1000 ppm ให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้สูงสุดคือ 13.7 °Brix (รูป 4.5) รองลงมาเป็น 1500, 500 และ 100 ppm (ได้เป็น 13.6, 13.5 และ 13.4 °Brix ตามลำดับ) ที่สภาวะการย่อยโดยการเติมเอนไซม์ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส แล้วปล่อยให้เย็นเอง พบว่าที่ระดับ 100 ppm ให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

สูงสุดคือร้อยละ 3.88 (w/v) (รูป 4.6) รองลงมาเป็น 500, 1000 และ 1500 ppm (ได้เป็นร้อยละ 3.83, 3.74 และ 3.73 (w/v) ตามลำดับ) ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้นั้นที่ระดับ 1500, 1000 และ 500 ppm ให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้เท่ากับ 13.6 °Brix (รูป 4.7) แต่ที่ระดับ 100 ppm ได้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้เท่ากับ 13.4 °Brix สำหรับการย่อยที่อุณหภูมิห้องที่ระดับ 1500 ppm ให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงสุดคือร้อยละ 3.85 (w/v) (รูป 4.8) รองลงมาเป็น 1000, 500 และ 100 ppm (ร้อยละ 3.82, 3.76 และ 3.75 (w/v) ตามลำดับ) ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้พบว่าที่ระดับ 1500, 1000 และ 500 ppm ให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้เท่ากับ 13.6 °Brix (รูป 4.9) โดยที่ระดับ 100 ppm ได้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้เท่ากับ 13.4 °Brix

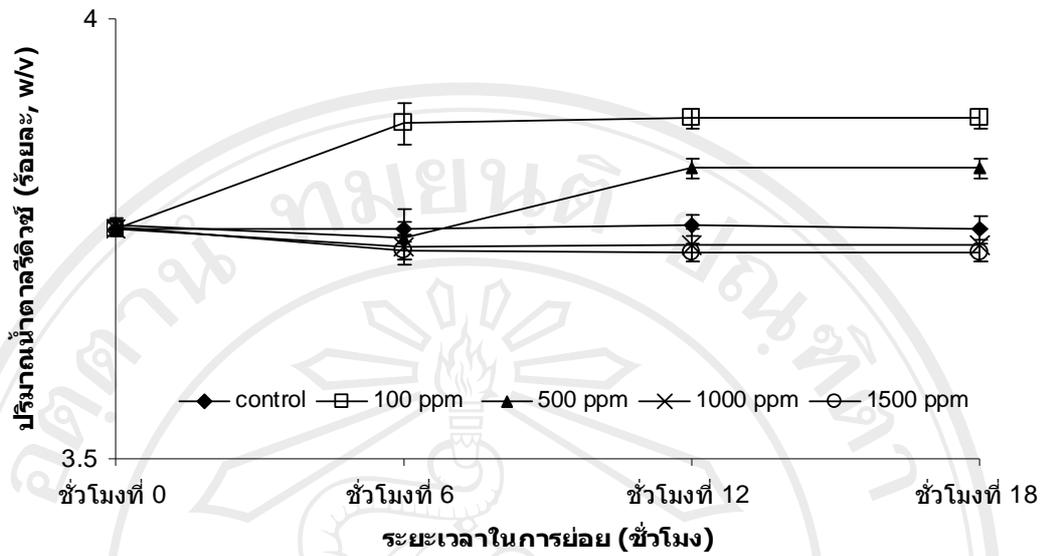
เมื่อพิจารณาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และปริมาณของแข็งที่ละลายได้จากการย่อยน้ำหมักส้มสายน้ำผึ้ง พบว่าประสิทธิภาพในการย่อยจะเพิ่มมากขึ้นตามระดับความเข้มข้นของเอนไซม์ที่เพิ่มขึ้น โดยระดับเอนไซม์ 1500 ppm ซึ่งเป็นระดับสูงสุดที่ใช้ในการทดลอง พบว่ามีประสิทธิภาพในการย่อยสูงสุด เมื่อเทียบกับระดับความเข้มข้นอื่นๆ สำหรับสภาวะการย่อยที่เหมาะสมคือ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ได้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงสุดคือร้อยละ 4.05 (w/v) แต่เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับ 2 สภาวะที่ทำการย่อย ทั้งการเติมเอนไซม์ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส แล้วปล่อยให้เย็นเอง และการย่อยที่อุณหภูมิห้องก็并没有什么แตกต่างกัน ซึ่งจะเห็นได้จากปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่ได้มีค่าใกล้เคียงกันซึ่งอยู่ในช่วงร้อยละ 3.78-3.85 (w/v) จึงไม่จำเป็นที่จะต้องเพิ่มอุณหภูมิในการย่อย แม้ว่าการย่อยโดยเอนไซม์ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีประสิทธิภาพในการย่อยสูง และเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำงานของเอนไซม์นี้ แต่ในทางปฏิบัติการเพิ่มอุณหภูมิและการควบคุมจะต้องมีการใช้พลังงานซึ่งจะทำให้ต้นทุนในการผลิตสูงขึ้น อีกทั้งเป็นการเพิ่มขึ้นตอนในการผลิตจึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ปฏิบัติงานจริง



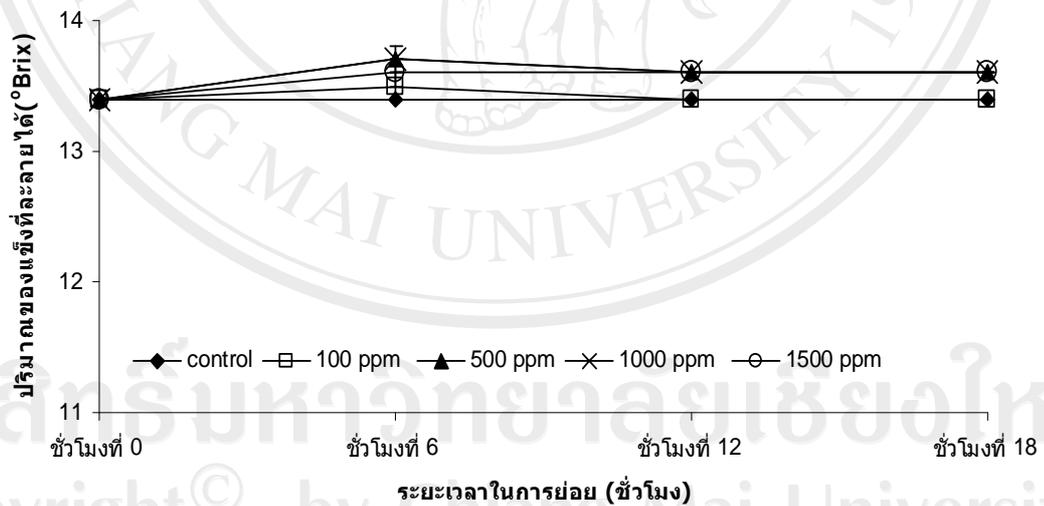
รูป 4.4 ปริมาณน้ำตาลที่ละลายได้ ที่ได้จาก การย่อย โดยเอนไซม์เซลลูเลส ระดับต่างๆ ที่ควบคุม อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง



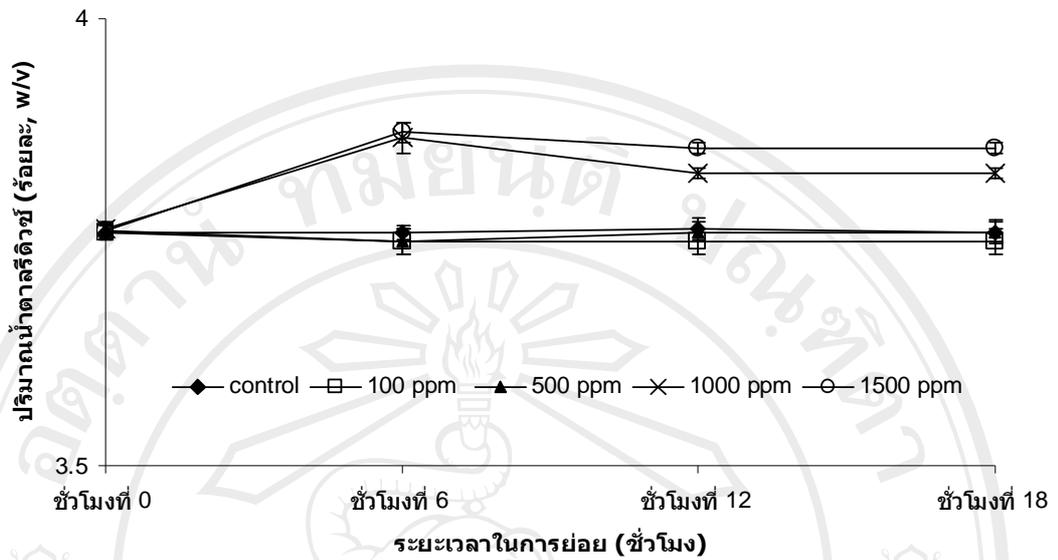
รูป 4.5 ปริมาณของแข็งที่ละลายไม่ได้ ที่ได้จาก การย่อย โดยเอนไซม์เซลลูเลส ระดับต่างๆ ที่ควบคุม อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง



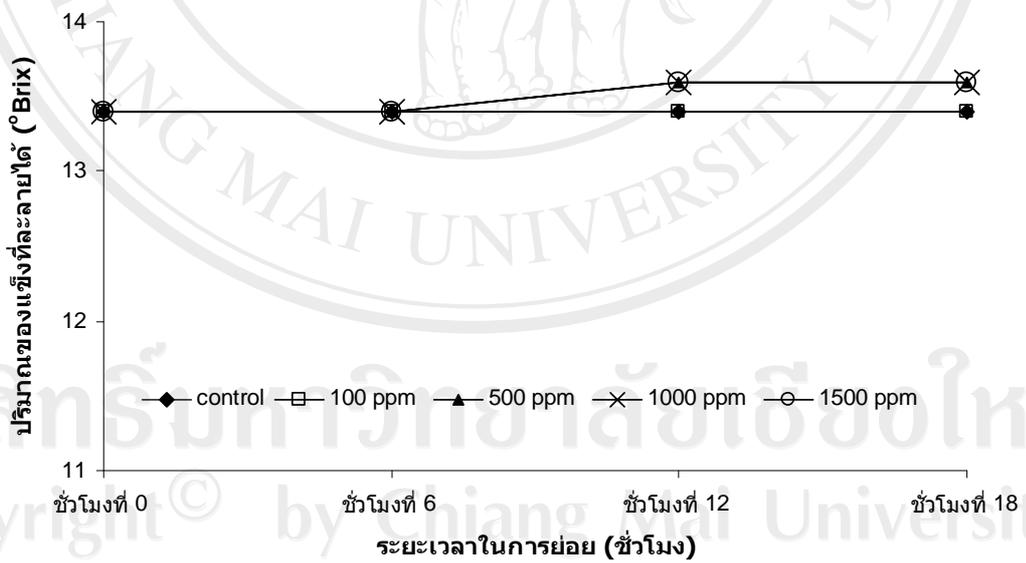
รูป 4.6 ปริมาณน้ำตาลที่ละลายได้จากการย่อยโดยเอนไซม์เซลลูเลสระดับต่างๆ โดยเติมเอนไซม์ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสแล้วปล่อยให้เย็นเอง



รูป 4.7 ปริมาณของแข็งที่ละลายไม่ได้จากการย่อยโดยเอนไซม์เซลลูเลสระดับต่างๆ โดยเติมเอนไซม์ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสแล้วปล่อยให้เย็นเอง



รูป 4.8 ปริมาณน้ำตาสรีดิวซ์ที่ได้จากการย่อยโดยเอนไซม์เซลลูเลสระดับต่างๆ ที่อุณหภูมิห้อง

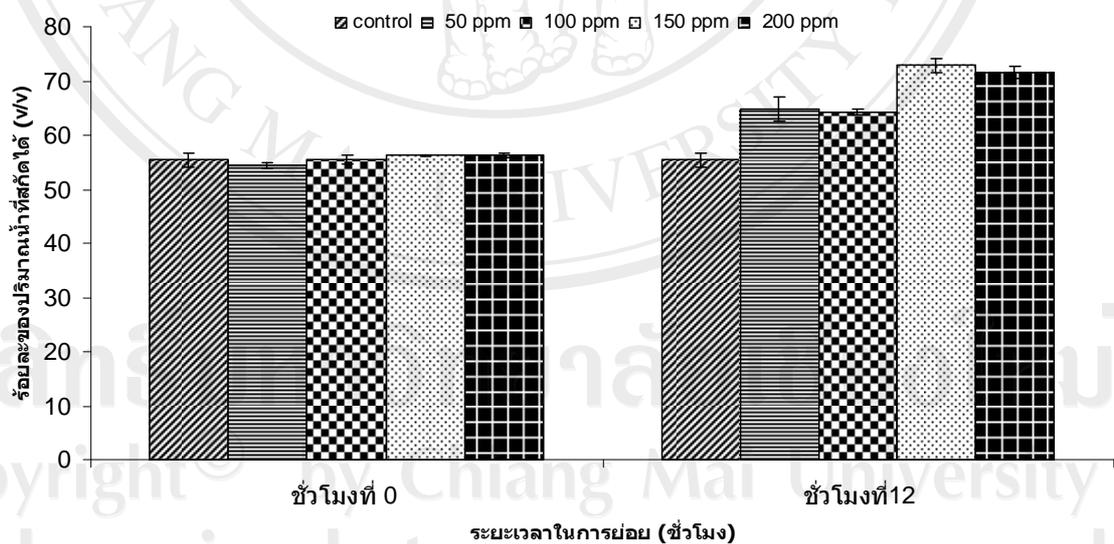


รูป 4.9 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ที่ได้จากการย่อยโดยเอนไซม์เซลลูเลสระดับต่างๆที่อุณหภูมิห้อง

#### 4.3.2 ผลของการใช้เอนไซม์เพคตินเอนในน้ำหมักส้มสายน้ำผึ้ง

จากการนำส้มสายน้ำผึ้ง มาเตรียมเป็นน้ำหมัก แล้วทำการย่อยด้วยเอนไซม์เพคตินเอนที่ระดับ 0, 50, 100, 150 และ 200 ppm ที่อุณหภูมิห้อง เมื่อครบเวลา 12 ชั่วโมง พบว่าการใช้เอนไซม์เพคตินเอนมีผลต่อการเพิ่มปริมาณน้ำส้มคั้นได้ ซึ่งเห็นได้จากในชั่วโมงที่ 0 ของทุกระดับที่เติมเอนไซม์ มีปริมาณน้ำที่สกัดได้อยู่ในช่วงร้อยละ 54.27-56.22 หลังจากที่ใช้เอนไซม์ทำการย่อยจนครบ 12 ชั่วโมง พบว่าได้ปริมาณน้ำส้มเพิ่มมากขึ้น โดยที่ระดับ 150 ppm มีปริมาณน้ำสูงสุดเป็นร้อยละ 72.93 ซึ่งมากกว่าที่ระดับ 200, 100, 50 และ 0 ppm ซึ่งได้ปริมาณน้ำร้อยละ 71.43, 64.32, 64.73 และ 55.47 ตามลำดับ (รูป 4.10)

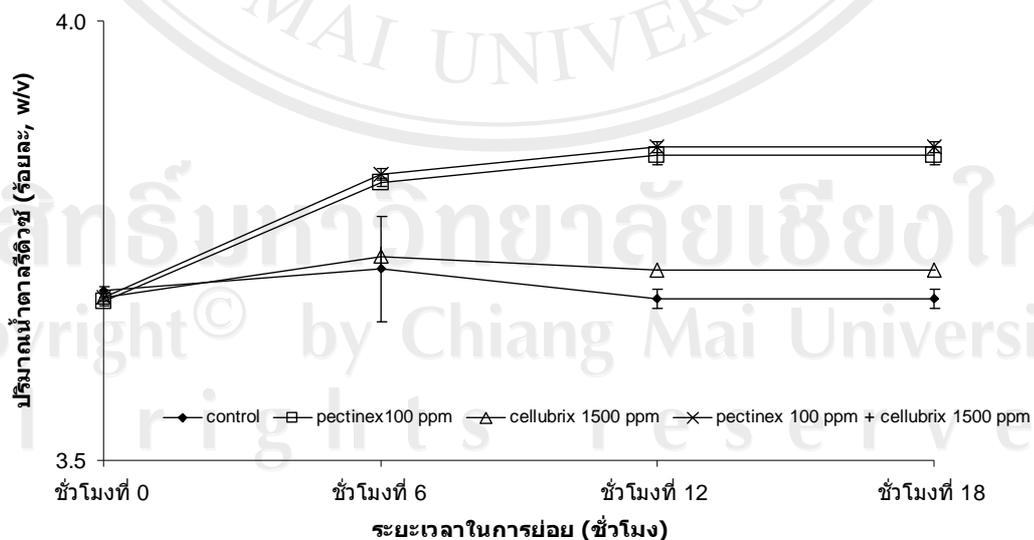
จะเห็นได้ว่า การใช้เอนไซม์เพคตินเอนมีผลต่อการเพิ่มปริมาณน้ำส้มคั้นได้ ที่ระดับของเอนไซม์ 150 และ 200 ppm เป็นระดับที่เหมาะสมในการนำไปใช้ในการทดลอง เนื่องจากให้ปริมาณน้ำที่สกัดได้สูง เมื่อนำทั้ง 2 ระดับมาเปรียบเทียบกับทางสถิติ ในการเพิ่มปริมาณน้ำส้มคั้น พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ดังนั้นจึงเลือกเอนไซม์เพคตินเอนที่ระดับ 150 ppm เป็นปริมาณที่เหมาะสม ในการนำไปใช้ร่วมกับเอนไซม์เซลลูเลส ในการทดลองขั้นตอนต่อไป



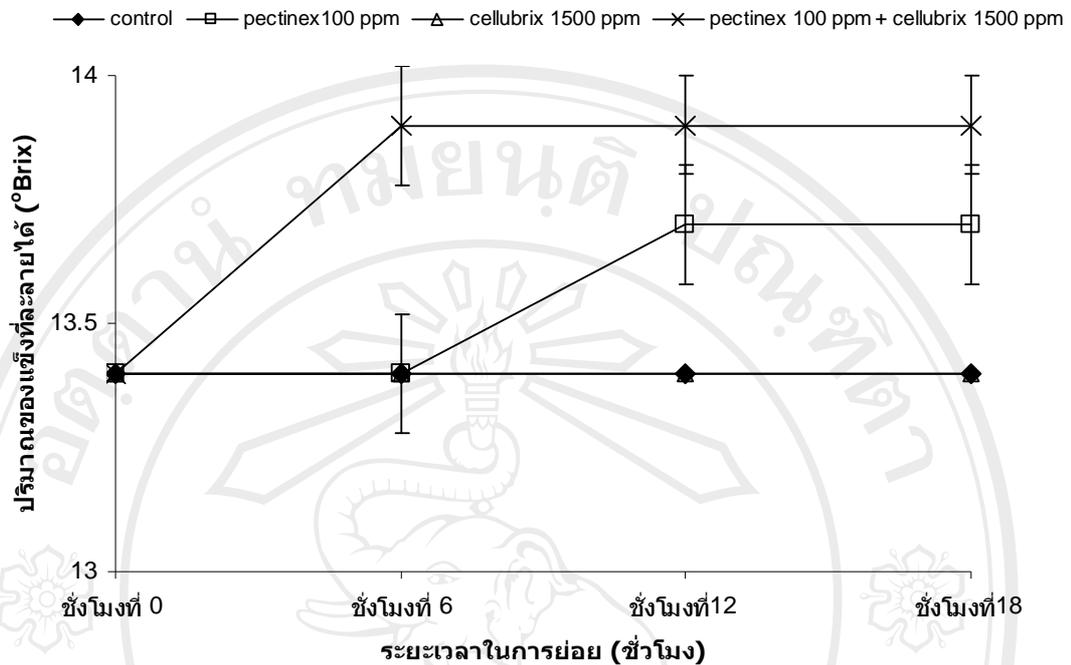
รูป 4.10 ปริมาณน้ำที่สกัดได้โดยเอนไซม์เพคตินเอนระดับต่างๆ

### 4.3.3 ผลของการใช้เอนไซม์เซลลูเลสร่วมกับเพคตินเอส

จากระดับเอนไซม์เซลลูเลส และเพคตินเอสที่เหมาะสม (ข้อ 4.3.1 และ 4.3.2) คือ 1500 และ 150 ppm ตามลำดับ นำมาทำการย่อยน้ำหมักส้มสายน้ำผึ้ง โดยเปรียบเทียบการทำงานของเอนไซม์เซลลูเลส 1500 ppm เอนไซม์เพคตินเอส 150 ppm และเอนไซม์เซลลูเลส 1500 ppm ร่วมกับเอนไซม์เพคตินเอส 150 ppm ทำการย่อยทั้งสิ้น 18 ชั่วโมง ทำการวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ทุกๆ 6 ชั่วโมง เมื่อสิ้นสุดการย่อยพบว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเริ่มจากชั่วโมงที่ 6 และเริ่มคงที่ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 12 จนถึงชั่วโมงที่ 18 เมื่อเปรียบเทียบในชั่วโมงที่ 6, 12 และ 18 พบว่าการใช้เอนไซม์เพคตินเอส 150 ppm ร่วมกับเอนไซม์เซลลูเลส 1500 ppm มีผลในการเพิ่มปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ได้ร้อยละ 3.85 (w/v) (รูป 4.11) มากกว่าการใช้เอนไซม์ เพคตินเอส 150 ppm และเอนไซม์เซลลูเลส 1500 ppm ที่ได้ร้อยละ 3.84 และ 3.71 (w/v) ตามลำดับ สำหรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ พบว่าการใช้เอนไซม์เพคตินเอส 150 ppm ร่วมกับเอนไซม์เซลลูเลส 1500 ppm มีผลต่อการเพิ่มปริมาณของแข็งที่ละลายได้โดยเพิ่มจาก 13.7 เป็น 13.9 °Brix (รูป 4.12) โดยมีการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ชั่วโมงที่ 6 จนถึงสิ้นสุดการย่อย สำหรับการใส่เอนไซม์เพคตินเอสที่ ระดับ 150 ppm ทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้เพิ่มจาก 13.4 เป็น 13.7 °Brix



รูป 4.11 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่ได้จากการย่อยโดยเอนไซม์ต่างๆ ที่อุณหภูมิห้อง



รูป 4.12 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ที่ได้จากการย่อยโดยเอนไซม์ต่างๆ ที่ อุณหภูมิห้อง

#### 4.4 ผลของชนิดน้ำตาลในการเติมลงในน้ำหมักส้มสายน้ำผึ้ง

หลังสิ้นสุดกระบวนการหมัก นำน้ำส้มมาตรวจคุณภาพ พบว่าน้ำส้มที่ได้จากน้ำหมักที่เติมน้ำตาลทรายขาว และน้ำตาลทรายแดง มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ซึ่งมีค่า 7.3 และ 7.0 °Brix ตามลำดับ แต่แตกต่างกับน้ำส้มที่ได้จากน้ำหมักที่เติมกากน้ำตาล โดยมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 9.5 °Brix สำหรับปริมาณแอลกอฮอล์ พบว่าน้ำส้มทั้ง 3 ชนิด มีปริมาณแอลกอฮอล์ใกล้เคียงกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 10.1-10.9 (v/v) (ตาราง 4.7) เมื่อนำน้ำส้มที่ได้ไปกลั่น พบว่าสุรากลั่นที่ได้มีความเข้มข้นของแอลกอฮอล์อยู่ในช่วงร้อยละ 46.75-47.75 (v/v) และหลังจากปรับความเข้มข้นแอลกอฮอล์เป็นร้อยละ 40 (v/v) พบว่า การใช้น้ำตาล 3 ชนิด ให้ผลผลิตแอลกอฮอล์จากผลส้มใกล้เคียงกันอยู่ในช่วงร้อยละ 6.02-6.30 (v/w)

ตาราง 4.7 ลักษณะคุณภาพของน้ำสำและสุรากลั่นที่ได้จากการหมักสั้มสายน้ำฝั้งที่มีการเติมน้ำตาลต่างชนิดกัน

ลักษณะคุณภาพ	ชนิดของน้ำตาลในการเตรียมน้ำหมัก		
	น้ำตาลทรายขาว	น้ำตาลทรายแดง	กากน้ำตาล
<b>น้ำสำก่อนกลั่น</b>			
- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (°Brix)	7.3 <sup>a</sup> ± 1.23	7.0 <sup>a</sup> ± 0.0	9.5 <sup>b</sup> ± 0.6
- ปริมาณแอลกอฮอล์ <sup>ns</sup> (ร้อยละ, v/v)	10.9 ± 1.0	10.9 ± 0.1	10.1 ± 1.1
- ผลผลิตน้ำสำจากผลสั้ม (ร้อยละ, v/w)	76.07 <sup>b</sup> ± 3.71	84.42 <sup>a</sup> ± 1.07	82.01 <sup>a</sup> ± 0.93
- ปริมาณน้ำสำ (ร้อยละ, v/w)	57.14 <sup>b</sup> ± 0.00	65.00 <sup>a</sup> ± 1.00	64.28 <sup>a</sup> ± 2.02
<b>สุรากลั่นที่ได้</b>			
- ปริมาตร <sup>*</sup> (mL/เนื้อสั้ม 3.5 kg)	232.5 ± 8.39	244.5 ± 1.91	230.5 ± 9.15
- ความเข้มข้นแอลกอฮอล์ <sup>**</sup> (ร้อยละ, v/v)	46.75 ± 0.50	47.0 ± 0.00	47.75 ± 0.50
<b>สุรากลั่นหลังปรับเป็นร้อยละ 40 (v/v)</b>			
- ปริมาตร (mL/เนื้อสั้ม 3.5 kg)	275 <sup>b</sup> ± 2	288 <sup>a</sup> ± 1	285 <sup>a</sup> ± 3
- ผลผลิตแอลกอฮอล์จากผลสั้ม (ร้อยละ, v/w)	6.02 <sup>b</sup> ± 0.34	6.30 <sup>a</sup> ± 0.50	6.24 <sup>a</sup> ± 0.50
- ประสิทธิภาพของการกลั่น	48.71 <sup>ab</sup> ± 1.09	46.14 <sup>b</sup> ± 0.63	49.76 <sup>a</sup> ± 2.97

หมายเหตุ 1) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน อักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p ≤ 0.05)

2) ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

3) \* หมายถึง ไม่มีการเปรียบเทียบทางสถิติ

เมื่อนำสุราส้มสายน้ำผึ้งที่ได้ ทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้าน กลิ่น สัมรสชาติ และการยอมรับรวม โดยใช้ผู้ทดสอบชิม จำนวน 15 คน พบว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบด้านกลิ่น สัมรสชาติ และการยอมรับรวม ทั้ง 3 ตัวอย่างไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p>0.05$ ) โดยในด้านกลิ่น สัมพบว่าสุราส้มสายน้ำผึ้งที่ได้จากการปรับน้ำหมักด้วยน้ำตาลทรายขาวมีคะแนนสูงที่สุดเท่ากับ  $6.77 \pm 1.01$  (ตาราง 4.7) รองลงมาเป็นน้ำตาลทรายแดง และกากน้ำตาล ซึ่งมีคะแนน  $6.46 \pm 1.56$  และ  $6.15 \pm 1.63$  ตามลำดับ โดยมีคะแนนอยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อย ส่วนด้านรสชาติก็ให้ผลออกมาในลักษณะเดียวกัน โดยสุราส้มสายน้ำผึ้งที่ได้จากการปรับน้ำหมักด้วยน้ำตาลทรายแดง และกากน้ำตาลได้รับคะแนนความชอบด้านรสชาติน้อยกว่าสุราที่ปรับด้วยน้ำตาลทรายขาว ซึ่งมีระดับคะแนนอยู่ในเกณฑ์ไม่ชอบเล็กน้อย (อยู่ในช่วง 4.62-4.85 คะแนน) (ตาราง 4.8) สำหรับการยอมรับรวม สุราส้มสายน้ำผึ้งที่ได้จากการปรับน้ำหมักด้วยน้ำตาลทรายขาวมีคะแนนสูงที่สุด รองลงมาเป็นน้ำตาลทรายแดง และกากน้ำตาล ( $5.62 \pm 1.39$ ,  $5.46 \pm 1.20$  และ  $5.15 \pm 1.63$ ) ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ ส่วนต้นทุนการผลิตพบว่า สุราส้มสายน้ำผึ้งที่ปรับด้วยน้ำตาลทรายขาวเท่ากับ 77.16 บาทต่อลิตร น้ำตาลทรายแดง 75.41 บาทต่อลิตร และกากน้ำตาล 68.14 บาทต่อลิตร ดังตาราง ง-1 (ภาคผนวก ง)

ตาราง 4.8 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของสุราส้มสายน้ำผึ้ง

คุณภาพ	สุรากลั่นที่ได้จากน้ำตาลชนิดต่างๆ		
	น้ำตาลทรายขาว	น้ำตาลทรายแดง	กากน้ำตาล
กลิ่น สัม <sup>ns</sup>	$6.77 \pm 1.01$	$6.46 \pm 1.56$	$6.15 \pm 1.63$
รสชาติ <sup>ns</sup>	$5.54 \pm 1.39$	$4.62 \pm 1.50$	$4.85 \pm 1.99$
การยอมรับรวม <sup>ns</sup>	$5.62 \pm 1.39$	$5.46 \pm 1.20$	$5.15 \pm 1.63$

หมายเหตุ 1) ns หมายถึง ค่าเฉลี่ย ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

เมื่อพิจารณาคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่า คุณภาพของสุราส้มสายน้ำผึ้งที่ได้จากน้ำหมักที่เติมน้ำตาลทั้ง 3 ชนิด ไม่มีความแตกต่างกัน ดังนั้นการใช้กากน้ำตาลเพื่อทดแทนการใช้ น้ำตาลทรายขาวจึงมีแนวโน้มที่จะทำให้ต้นทุนในการผลิตลดลง เนื่องจากกากน้ำตาลมีราคาถูกกว่า น้ำตาลทรายขาวประมาณ 4 เท่า ถึงแม้ว่าการใช้กากน้ำตาลจะมีศักยภาพในการผลิตสุราส้มสายน้ำผึ้งสูง แต่ในงานวิจัยนี้การจัดการกากน้ำตาลทำได้ค่อนข้างยาก ด้วยสาเหตุบางประการ ดังนั้นในการทดลองขั้นต่อไปจึงเลือกน้ำตาลทรายขาวในการเตรียมน้ำหมัก เนื่องจากการจัดหาน้ำตาลทรายขาวทำได้ง่ายกว่า

#### 4.5 ชนิดของเครื่องกลั่นในการกลั่นน้ำส้มจากการหมักส้มสายน้ำผึ้ง

##### 4.5.1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกลั่น และต้นทุนการผลิต

จากน้ำส้มที่ได้จากการหมักส้มสายน้ำผึ้งด้วยน้ำตาลทรายขาว นำมากลั่นด้วยเครื่องกลั่นแบบหม้อต้ม และเครื่องกลั่นแบบลำดับส่วน แล้วเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกลั่น พบว่าสุราที่ได้จากเครื่องกลั่นลำดับส่วนมีคุณภาพสูงกว่าสุราที่ได้จากเครื่องกลั่นแบบหม้อต้มในทุกๆ ด้าน (ตาราง 4.9) โดยปริมาตรของสุราที่ได้ และความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ที่ได้จากเครื่องกลั่นลำดับส่วนมีค่าเท่ากับ  $435 \pm 7$  (mL) และ  $61.0 \pm 1.4$  (ร้อยละ, v/v) ตามลำดับ นอกจากนี้เมื่อทำการปรับความเข้มข้นเป็นร้อยละ 40 (v/v) พบว่าปริมาตรของสุราที่ได้ ประสิทธิภาพในการกลั่น และผลผลิตแอลกอฮอล์จากผลส้ม มีค่าเท่ากับ  $655 \pm 7$  (mL) ร้อยละ  $53.01 \pm 1.19$  และร้อยละ  $7.17 \pm 0.13$  (v/w) ตามลำดับ สำหรับต้นทุนการผลิตสุราส้มสายน้ำผึ้งที่ได้จากการกลั่นด้วยเครื่องกลั่นแบบลำดับส่วนมีค่าเท่ากับ 77.02 บาทต่อลิตร ในขณะที่ต้นทุนการกลั่นด้วยเครื่องกลั่นแบบหม้อต้มมีต้นทุนการผลิต 119.48 บาทต่อลิตร ดังตาราง ง-2 (ภาคผนวก ง)

ตาราง 4.9 คุณภาพของสุรากลั่นที่กลั่น ได้จากเครื่องกลั่นชนิดต่างๆ

ลักษณะคุณภาพ	เครื่องกลั่นแบบหม้อต้ม	เครื่องกลั่นแบบลำดับส่วน
<b>สุรากลั่นที่ได้</b>		
ปริมาตร* (mL/เนื้อส้ม 7 kg)	$340 \pm 0$	$435 \pm 7$
ความเข้มข้นแอลกอฮอล์* (ร้อยละ, v/v)	$47.5 \pm 0.7$	$61.0 \pm 1.4$
<b>สุรากลั่นหลังปรับเป็นร้อยละ 40 (v/v)</b>		
ปริมาตร (mL/เนื้อส้ม 7 kg)	$400^b \pm 0$	$655^a \pm 7$
ประสิทธิภาพของการกลั่น	$36.89^b \pm 0.26$	$53.01^a \pm 1.19$
ผลผลิตแอลกอฮอล์จากผลส้ม (ร้อยละ, v/w)	$4.38^b \pm 0.00$	$7.17^a \pm 0.13$

หมายเหตุ 1) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามเนวนอน อักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

2) ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

3) \* หมายถึง ไม่มีการเปรียบเทียบทางสถิติ

#### 4.5.2 การเปรียบเทียบคุณภาพทางเคมีของสุราส้มสายน้ำผึ้ง

นำสุรากลั่นที่ก่กั้นด้วยเครื่องก่กั้นแบบหม้อต้ม และก่กั้นแบบลำดับส่วน มาปรับความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ให้เป็นร้อยละ 40 (v/v) แล้วนำไปตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ฟลูเซลอลอยล์ และเมทิลแอลกอฮอล์ โดยสถานบริการวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (สวท.มช.) พบว่าสุราทั้ง 2 ตัวอย่างมีปริมาณฟลูเซลอลอยล์ในปริมาณต่ำ โดยค่าที่ได้ไม่เกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สุรากลั่น ; 2088-2544 ) (ตาราง 4.10) ส่วนปริมาณเมทิลแอลกอฮอล์ มีค่าสูงกว่ามาตรฐานเล็กน้อย ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากกิจกรรมของเอนไซม์เพคตินเอส ที่มีการย่อยสลายประกอบจำพวกเพคตินในเนื้อส้มแล้วปล่อยเมทิลแอลกอฮอล์ออกมา ทำให้น้ำส้มมีปริมาณเมทิลแอลกอฮอล์อยู่สูง อีกทั้งการแยกแอลกอฮอล์ส่วนแรกที่ก่กั้นได้ (ตัดหัว) ออกในปริมาณที่น้อยเกินไป เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ปริมาณเมทิลแอลกอฮอล์เกินมาตรฐาน

ตาราง 4.10 คุณภาพทางเคมีของสุรากลั่นที่ได้จากเครื่องก่กั้นชนิดต่างๆ

คุณภาพทางเคมี	สุรากลั่นที่ได้จากเครื่องก่กั้นชนิดต่างๆ		มาตรฐานสุรากลั่น มอก. 2088/2544
	แบบหม้อต้ม	แบบลำดับส่วน	
1. ฟลูเซลอลอยล์ (mg/L)	592.68 ± 1.27	593.70 ± 5.08	5500
2. เมทิลแอลกอฮอล์ (mg/L)	522.02 ± 0.14	505.58 ± 4.70	420

#### 4.5.3 การทดสอบประสาทสัมผัสของสุราส้มสายน้ำผึ้ง

นำสุรากลั่นที่ผ่านการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี จากข้อ 4.5.2 มาทดสอบทางประสาทสัมผัส ในด้านกลิ่นส้ม รสชาติ และการยอมรับรวม โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 15 คน พบว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบในสุราส้มสายน้ำผึ้งที่ก่กั้นด้วยเครื่องก่กั้นแบบหม้อต้ม มากกว่าสุราส้มสายน้ำผึ้งที่ก่กั้นด้วยเครื่องก่กั้นลำดับส่วน ทั้งด้านกลิ่นส้ม รสชาติ และการยอมรับรวม โดยสุราส้มสายน้ำผึ้งที่ก่กั้นด้วยเครื่องก่กั้นแบบหม้อต้ม (ตาราง 4.11) ในขณะที่สุราส้มสายน้ำผึ้งที่ก่กั้นด้วยเครื่องก่กั้นแบบลำดับส่วน ได้รับคะแนนความชอบอยู่ในเกณฑ์บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่

ตาราง 4.11 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของสุราส้มสายน้ำผึ้ง

คุณภาพ	สุราที่กลั่นจากเครื่องกลั่นชนิดต่างๆ	
	แบบหม้อต้ม	แบบกลั่นลำดับส่วน
กลิ่นส้ม	7.38 <sup>a</sup> ± 0.96	5.15 <sup>b</sup> ± 0.99
รสชาติ <sup>ns</sup>	6.38 ± 1.61	5.38 ± 1.26
การยอมรับรวม	6.62 <sup>a</sup> ± 0.87	5.00 <sup>b</sup> ± 1.73

หมายเหตุ 1) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน อักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

2) ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างทางสถิติ