เผยแพร่ปีงบ 2558 4

2.3- (8)
วณ.0.60
TCI กลุ่ม.

การพัฒนาการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากเงาะด้วยเครื่องต้นแบบ

Development of Vinegar Production From Rambutan by Prototype Acetifier

วริศชนม์ นิลนนท์[1] หยาดรุ้ง สุวรรณรัตน์[1] และ ประมวล ศรีกาหลง[2]
[1]คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
[2]คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

เครื่องต้นแบบในการผลิตน้ำส้มสายชูหมักได้ผ่านการออกแบบ และใช้ในการพัฒนากระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากเงาะ ตัวเครื่องประกอบด้วยถังสแตนเลสรูปทรงกระบอก สำหรับการหมักเอทิลแอลกอฮอล์และกรดแอซีติก ประกอบด้วยปั๊มหมุนเวียนน้ำหมัก ปั๊มอากาศ เครื่องกรองออกซิเจน ท่อนำส่งไวน์ วาล์วควบคุมการปิด-เปิด เครื่องวัดอุณหภูมิ ตัวกรองไวน์ และวาล์วควบคุมความปลอดภัย ปริมาตรความจุ 50 L ในกระบวนการหมักใช้ยีสต์สายพันธุ์ Saccharomyces cerevisae (TISTR 5606) และแบคทีเรียสายพันธุ์ Acetobacter aceti (TISTR 354) สารตั้งต้นสำหรับการหมักประกอบด้วยแอลกอฮอล์ 8.0% (v/v) และ กรดแอซีติก 1% (v/v) ผลการวิจัย พบว่า อัตราส่วนของวัตถุดิบต่อน้ำ 1 : 3 ให้ระดับแอลกอฮอล์สูงสุด 9.70% (v/v) และ การใช้อัตราส่วนของวัตถุดิบต่อน้ำ 1 : 1 ให้ปริมาณกรดแอซีติกสูงสุด 6.76% (v/v) ที่อุณหภูมิ 30±2°C ด้วยจลนพลศาสตร์ของอัตราการผลิตกรดแอซีติก 0.85 g/L^{-h} และปริมาณกรดแอซีติก 6.46% ผลการวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์สุดท้าย ผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักมีคุณภาพได้มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

คำสำคัญ : เงาะ น้ำส้มสายชูหมัก กรดแอซีติก เครื่องต้นแบบในการหมัก

Abstract

A prototype acetifier was designed and developed for vinegar production from rambutan. The acetifier consisted a stainless steel cylinder reactor with ethyl alcohol and acetic acid fermentation tanks, recycling pump, air pump, oxygen filter, oxygen pump, wine supplying tube, wine filter, inlet-outlet control value, temperature sensor and safety value. The working volume is 50 L of acetifying medium with 8.0% (v/v) initial alcohol concentration from fresh fruit wine and 1.0 % (v/v) acidity of vinegar. The strain Saccharomyces cerevisae (TISTR 5606) and Acetobacter aceti (TISTR 354) were employed. The results showed that the ratios of 1:3 and 1:1 (rambutan : water) gave the maximum ethanol and acetic acid concentration of 9.70 % v/v and 6.76 % v/v at 30±2°C, respectively. The kinetics of acetication rate was 0.85 g/L-h and 6.46 % of acetic acid concentration. In the final quality analysis, it was showed that the finished product comply with the government standard for community trademark.

Keywords : Rambutan, vinegar, acetic acid, prototype acetifier

บทนำ

เงาะเป็นไม้ผลเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่สำคัญของประเทศ ผลผลิตของเงาะทุกปีที่ผ่านมามักเกิดปัญหาผลผลิตล้นตลาด และราคาผลผลิตตกต่ำเกือบทุกปีเนื่องจากปริมาณผลผลิตที่มีอยู่จำนวนมากการแก้ไขปัญหาด้วยการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ เนื่องจากกระบวนการหมักสามารถทำได้ในปริมาณมาก และเงาะยังให้คุณค่าทางอาหารที่เหมาะสมต่อการผลิต ได้แก่น้ำตาล แร่ธาตุและวิตามินต่าง ๆ ที่ยีสต์ต้องการ สำหรับการผลิตแอลกอฮอล์เพื่อนำไปผลิตกรดแอซีติกโดยตรง เช่นเดียวกับน้ำส้มสายชูหมักทางการค้าทั่วไปที่มีองค์ประกอบของแร่ธาตุและวิตามินต่าง ๆ ตามชนิดของวัตถุดิบ ซึ่งให้น้ำส้มสายชูหมักที่มีกลิ่นและรสชาติดี อย่างไรก็ตามในปัจจุบันกระบวนการหมักกรดแอซีติกในอุตสาหกรรมนิยมใช้ระบบการหมักแบบกึ่งต่อเนื่องซึ่งใช้ต้นทุนในการผลิตสูง และถ้าใช้กระบวนการหมักด้วยวิธีการธรรมชาติก็จะให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์และประสิทธิภาพในการผลิตต่ำ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงต้องการพัฒนากระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากเงาะด้วยเครื่องต้นแบบ ทั้งนี้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตในระดับขยายส่วน และเพื่อเพิ่มมูลค่าของวัตถุดิบในท้องถิ่น

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษากระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากเงาะด้วยเครื่องต้นแบบ และศึกษาประสิทธิภาพการผลิตในระดับขยายส่วน

วิธีการวิจัย

1. เครื่องต้นแบบในการผลิตน้ำส้มสายชูหมัก

เครื่องต้นแบบนี้ได้รับการออกแบบโดยวริศชนม์และประมวล (2553) ตัวเครื่องเครื่องต้นแบบประกอบด้วยชุดถังหมักแอลกอฮอล์ และชุดถังหมักน้ำส้มสายชู ซึ่งชุดถังหมักแอลกอฮอล์ประกอบด้วยตัวถังสแตนเลส (มีทางเข้าน้ำผลไม้และเชื้อเริ่มต้น มีทางออกของอากาศ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์) อุปกรณ์ให้ความร้อน อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ เพื่อใช้ในการให้ความร้อนน้ำผลไม้หรือน้ำสำหรับฆ่าเชื้อภายในถัง สำหรับชุดถังหมักน้ำส้มสายชูประกอบด้วย ตัวถังสแตนเลส (มีทางเข้าน้ำผลไม้ที่ผ่านการหมักจนเป็นแอลกอฮอล์แล้ว มีทางออกและทางเข้าของอากาศ มีช่องเติมเชื้อเริ่มต้น) ชุดอุปกรณ์ให้อากาศ

2. พัฒนากระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักในระดับขยายส่วนด้วยเครื่องต้นแบบ

2.1 ศึกษาและพัฒนากระบวนการหมักน้ำส้มสายชูหมักจากเงาะในระดับขยายส่วน ไม่น้อยกว่า 30 กิโลกรัมต่อครั้ง โดยใช้กรรมวิธีและสภาวะที่ดีที่สุดจากการศึกษาเบื้องต้นในระดับห้องปฏิบัติการ และนำมาปรับปรุงกระบวนการและกรรมวิธีให้เหมาะสมกับปริมาณการผลิตที่สูงขึ้น วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณแอลกอฮอล์ และกรดแอซีติก (AOAC, 1984) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และค่าความเป็นกรดด่าง (pH)

1) ขั้นตอนการหมักเพื่อผลิตแอลกอฮอล์ สายพันธุ์ยีสต์ Saccharomyces cerevisiae (TISTR 5606) ศึกษาอัตราส่วนของวัตถุดิบเนื้อเงาะ ที่อัตราส่วนวัตถุดิบ : น้ำ เท่ากับ 1:1 1:2 1:3 1:4 1:5 1:6 1:7 1:8 1:9 และ 1:10 ขั้นตอนการหมักโดยนำเงาะมาทำการปอกเปลือก แยกเมล็ดออก เนื้อเงาะที่ได้นำมาเตรียมได้ในอัตราส่วนต่าง ๆ ต้มให้เดือดที่อุณหภูมิ 100°C ปรับความหวาน 20°Brix จากนั้นนำมากรองใส่ภาชนะทิ้งไว้จนกระทั่งอุณหภูมิได้ประมาณ 30±2°C เติมหัวเชื้อยีสต์ที่เตรียมไว้ใส่ลงในถังหมักด้วยเทคนิคปลอดเชื้อ ในปริมาณ 5% บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 30±2 °C และวิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์

2) ขั้นตอนการหมักเพื่อให้เกิดกรดแอซีติก ใช้สายพันธุ์ Acetobacter aceti. (TISTR 354) จากผลของขั้นตอนการหมักเพื่อให้เกิดแอลกอฮอล์ในข้อ (1) ด้วยปริมาณแอลกอฮอล์เริ่มต้น 8% (v/v) น้ำหมักที่ได้จะถูกเคลื่อนย้ายมาบรรจุในชุดภาชนะหมักของเครื่องต้นแบบ เติมหัวเชื้อแอซิโตแบกเตอร์ ปริมาณ 5% (v/v) และปิดภาชนะ ควบคุมการเติมอากาศให้กับถังหมักโดยตั้งเวลาเปิดปิดแบบช่วง วิเคราะห์ปริมาณกรดแอซีติกและปริมาณแอลกอฮอล์ (AOAC, 1984 ; AOAC, 2000)

3) ศึกษาคุณภาพและความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ วิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์ กรดแอซีติก ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และสารปนเปื้อนอื่น ๆ (AOAC, 1984 ; AOAC, 2000) ตามมาตราฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 326/2547 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547)

3. วางแผนการทดลองแบบ CRD (Complete Randomized Design) จำนวน 3 ซ้ำ วิเคราะห์หาค่าความแปรปรวน (variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการวิจัย

1. เครื่องต้นแบบผลิตน้ำส้มสายชูหมัก

องค์ประกอบหลักและหน้าที่การทำงานของชุดอุปกรณ์ผลิตน้ำส้มสายชูหมักมีดังนี้ (ภาพที่ 1)

1.1 ชุดถังหมักเอทิลแอลกอฮอล์ ทำจากสแตนเลสเบอร์ 304 เป็นรูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 480 มิลลิเมตร ตัวถังสูง 350 มิลลิเมตร

1.2 กรวยเติมเชื้อเริ่มต้นของชุดถังหมักเอทิลแอลกอฮอล์ ทำจากจากสแตนเลสเบอร์ 304 เป็นรูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 180 มิลลิเมตร สูง 150 มิลลิเมตร ต่อเข้ากับท่อทางเข้าเชื้อเริ่มต้น

1.3 ท่อก๊าซให้ความร้อนชุดถังหมักเอทิลแอลกอฮอล์ ทำจากท่อเหล็กขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25.4 มิลลิเมตร ต่อกันเป็นรูปสี่เหลี่ยมติดตั้งอยู่ในตำแหน่งใต้ถังหมักเอทิลแอลกอฮอล์

1.4 ชุดถังหมักน้ำส้มสายชู (กรดแอซีติก) ทำจากสแตนเลสเบอร์ 304 เป็นรูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 480 มิลลิเมตร ตัวถังสูง 350 มิลลิเมตร

1.5 กรวยเติมเชื้อเริ่มต้นของชุดถังหมักน้ำส้มสายชู ทำจากจากสแตนเลสเบอร์ 304 เป็นรูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 180 มิลลิเมตร สูง 150 มิลลิเมตร ต่อเข้ากับท่อทางเข้าเชื้อเริ่มต้น

1.6 ท่อก๊าซให้ความร้อนชุดถังหมักน้ำส้มสายชู ทำจากท่อเหล็กขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25.4 มิลลิเมตร ต่อกันเป็นรูปสี่เหลี่ยมติดตั้งอยู่ในตำแหน่งใต้ถังหมักน้ำส้มสายชู

1.7 ชุดตะแกรงกรองกากผลไม้ออกจากแอลกอฮอล์ ทำจากตะแกรงสแตนเลสเบอร์ 304 2 ชั้น เส้นผ่านศูนย์กลางตะแกรง 2 ขนาด คือ 4 มิลลิเมตร และ 2 มิลลิเมตร ตามลำดับ ชุดตะแกรงกรองกากผลไม้ออกจากแอลกอฮอล์นี้จะต่อกับท่อที่ทำจากท่อ สเตนแลสเบอร์ 304 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25.4 มิลลิเมตร ไปยังชุดถังหมักน้ำส้มสายชู

1.8 ปั๊มสเตนเลส ขนาด 1/2 แรงม้า ใช้สำหรับดูดแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมัก จากชุดถังหมักเอทิลแอลกอฮอล์ไปยังชุดถังหมักน้ำส้มสายชู โดยดูดแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมักผ่านชุดตะแกรงกรองกากผลไม้ออกจากแอลกอฮอล์ก่อนเข้าสู่ชุดถังหมักน้ำส้มสายชู และปั๊มตัวเดียวกันนี้ยังสามารถปรับให้ทำหน้าที่ในการดูดให้น้ำส้มสายชูที่กำลังทำการหมัก ให้เกิดการไหลเวียนภายในถังตามระยะเวลาที่กำหนด เพื่อป้องกันหัวเชื้อผลิตน้ำส้มสายชูขาดอากาศหายใจ นอกจากนี้ปั๊มตัวเดียวกันนี้ยังสามารถปรับให้ทำหน้าที่ในการดูดน้ำร้อนให้เวียนในระบบ เพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่อาจปนเปื้อนมากับอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบถังหมักทั้งหมด

1.9 ปั๊มลมเพื่อให้อากาศ ขนาด 185 วัตต์ สามารถปั๊มลมได้ 160 ลิตรต่อนาที จะต่อเข้ากับไส้กรองอากาศชนิด HEPA ก่อนต้นอากาศ ที่ต้องให้แก่น้ำส้มสายชูที่กำลังหมักอยู่ภายในถังหมักน้ำส้มสายชู

1.10 ชุดกล่องควบคุมไฟฟ้าของระบบระบายความร้อนที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างการหมักเอทิลแอลกอฮอล์ จะใช้ในการควบคุมอุณหภูมิของชุดถังหมักเอทิลแอลกอฮอล์ด้วยพัดลมระบายอากาศโดยผ่านเทอร์โมคัพเปิล

2. พัฒนากระบวนการหมักน้ำส้มสายชูหมักในระดับขยายส่วนด้วยเครื่องต้นแบบ

2.1 ผลต่อปริมาณแอลกอฮอล์ในขั้นตอนการหมักแอลกอฮอล์

จากผลการวิจัย (ตารางที่ 1) พบว่าปริมาณแอลกอฮอล์ในทุกทรีตเมนต์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาของการหมัก โดยที่อัตราส่วนของวัตถุดิบต่อน้ำ 1:1 1:2 และ 1:3 กระบวนการหมักให้ปริมาณแอลกอฮอล์เริ่มตั้งแต่วันแรกของการหมัก ขณะที่อัตราส่วน 1:4 ถึง 1:10 กระบวนการหมักให้ปริมาณแอลกอฮอล์ในวันที่ 2 และ 3 ของการหมัก โดยในระยะ 1-7 วัน ของการหมัก ที่อัตราส่วน 1:4 ให้ปริมาณแอลกอฮอล์สูงสุด ภายหลังจากการหมักดำเนินต่อไปจนถึง 14 วัน พบว่า ที่อัตราส่วน 1:3 ให้ปริมาณแอลกอฮอล์สูงสุด 9.70% ดังนั้นจากขั้นตอนการหมักเพื่อให้เกิดแอลกอฮอล์ด้วยเครื่องต้นแบบดังกล่าวแสดงถึงอัตราส่วนของวัตถุดิบและระยะเวลาในการหมักเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อกระบวนการผลิตแอลกอฮอล์ โดยเมื่ออัตราส่วนวัตถุดิบที่มากกว่า (อัตราส่วน 1:1 ถึง 1:5) ในช่วง 7 วันของการหมัก อัตราการเกิดแอลกอฮอล์มีแนวโน้มเกิดขึ้นได้เร็วกว่าที่อัตราส่วนของวัตถุดิบลดลง (อัตราส่วน 1:6 ถึง 1:10) แต่ภายหลังจากการหมักที่ระยะเวลานานขึ้นจนถึง 14 วันของการหมัก ที่อัตราส่วนวัตถุดิบ 1:6 ถึง 1:10 มีแนวโน้มของการเกิดแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยที่อัตราส่วนวัตถุดิบที่มากกว่า มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและลดลงในวันที่ 14 ของการหมัก จากผลการวิจัยนี้เมื่อคำนึงถึงปริมาณวัตถุดิบและระยะเวลาในการผลิตพบว่ากระบวนการหมักเพื่อให้เกิดแอลกอฮอล์เกิดขึ้นได้ช้า อัตราการเกิดแอลกอฮอล์ค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับผลไม้ชนิดอื่น ๆ จากรายงานวิจัยของวริศชนม์และประมวล (2553) ซึ่งได้ออกแบบและทดสอบประสิทธิภาพการผลิตของเครื่องต้นแบบ พบว่า ในขั้นตอนการหมักแอลกอฮอล์ด้วยสับปะรดที่อัตราส่วน 1:1 ในระยะเวลา 7 วันของการหมักได้แอลกอฮอล์สูงสุด 18.13% ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของชนิดวัตถุดิบที่มีผลต่อการเกิดแอลกอฮอล์ด้วยวัตถุดิบบางชนิดที่มีองค์ประกอบทางเคมีที่เหมาะสมแตกต่างกัน โดยเฉพาะน้ำตาลซึ่งเป็นแหล่งสารประกอบคาร์บอนที่สำคัญของเชื้อยีสต์ (Tesfaye et al., 2002) จากรายงานวิจัยของศรีปานและคณะ (2556) พบว่า เงาะเป็นผลไม้ที่มีปริมาณน้ำตาลสูง เนื้อเงาะมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเท่ากับ 12.83% โดยมีปริมาณซูโครส 9.17% กลูโคส 1.90% ฟรุคโตส 1.72% และแมนโนส 0.04% อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าเงาะจะมีปริมาณน้ำตาลที่สูงเป็นปัจจัยที่เอื้อต่อการหมักได้ดี แต่เนื่องจากเงาะมีองค์ประกอบของสารแทนนินสูง ซึ่งแทนนินนี้มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ สารแทนนินนี้พบได้ทั้งส่วนของเปลือก เมล็ดและเนื้อผลโดยเฉพาะในช่วงก่อนการสุก (Fila et al., 2012) ดังนั้นจึงอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่มีผลต่อการยับยั้งหรือชะลอกิจกรรมของยีสต์ ทำให้การสร้างแอลกอฮอล์ต้องใช้เวลานานขึ้นและมีปริมาณแอลกอฮอล์ไม่สูงมาก

2.2 ผลต่อปริมาณกรดแอซีติกในขั้นตอนการผลิตกรดแอซีติก

จากผลวิจัยในตารางที่ 1 พบว่าปริมาณกรดแอซีติกในทุกทรีตเมนต์เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาของการหมัก และปริมาณเริ่มลดลงหรือคงที่ในวันที่ 13-14 ของการหมัก โดยปริมาณกรดแอซีติกยังลดลงตามอัตราส่วนของวัตถุดิบที่ลดลง จากตารางที่ 1 พบว่า ที่อัตราส่วนของวัตถุดิบต่อน้ำ 1 : 1 ให้ปริมาณกรดแอซีติกสูงสุด เท่ากับ 6.76 % ในวันที่ 13 ของการหมัก

2.3 ผลทางด้านจลนพลศาสตร์ของการหมัก

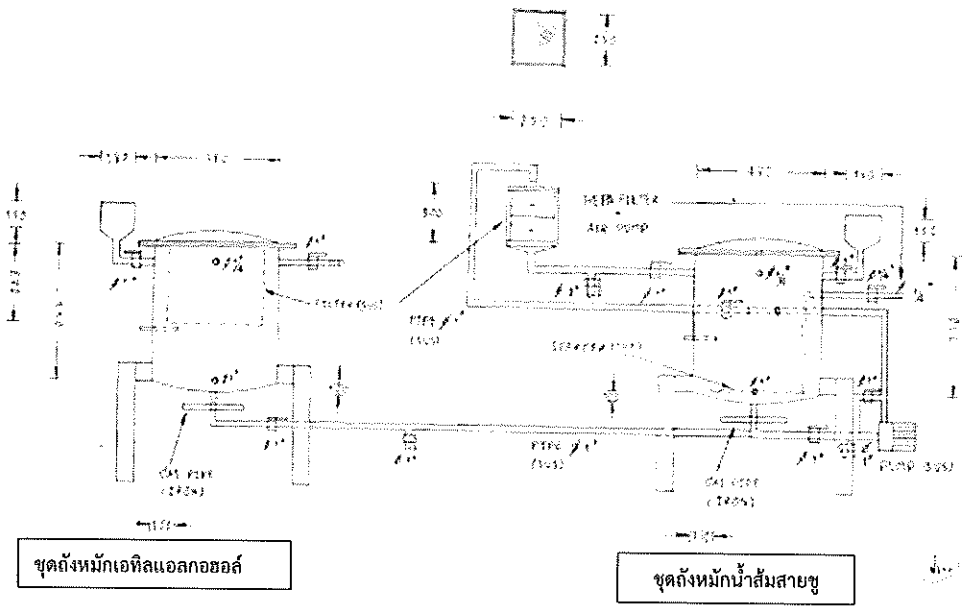
จากการใช้ประโยชน์ของเอทิลแอลกอฮอล์โดยเชื้อ A. aceti (TISTR 354) อัตราการผลิตกรดแอซีติกและปริมาณกรดแอซีติก พบว่า ที่อัตราส่วนของวัตถุดิบต่อน้ำ 1 : 1 มีอัตราการผลิตกรดแอซีติกสูงสุด 0.85 g/L^{-h} และให้ปริมาณกรดแอซีติกสูงสุด เท่ากับ 6.46 % โดยอัตราการผลิตกรดแอซีติกลดลงตามอัตราส่วนของวัตถุดิบที่ลดลง โดยความสัมพันธ์ของการใช้แอลกอฮอล์และปริมาณกรดแอซีติกในขั้นตอนการหมักดังแสดงในภาพที่ 2

2.4 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้าย

จากการวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์สุดท้ายของน้ำส้มสายชูหมักจากเงาะด้วยเครื่องต้นแบบในระดับขยายส่วนโดยผลิตภัณฑ์ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C เป็นระยะเวลา 1 เดือน พบว่าตัวอย่างมีปริมาณกรดแอซีติก ไม่ต่ำกว่า 5g/100 cm^3 ไม่พบ เมทานอล และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ จากผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักที่ผลิตได้มีคุณภาพได้มาตรฐานผลิตภัณฑ์ของชุมชนตามมาตรฐาน มผช. 326/2547 ซึ่งสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2547) ระบุไว้ว่าน้ำส้มสายชูหมักนั้นจะต้องมีปริมาณกรดแอซีติกไม่ต่ำกว่า 4g/100 cm^3 ปริมาณเมทานอลไม่เกิน 420 mg/L และปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะต้องไม่เกิน 40 mg/L

ผลของการทดสอบประสิทธิภาพการผลิตกรดแอซีติกในเครื่องต้นแบบนั้น พบว่ามีประสิทธิภาพการผลิตค่อนข้างต่ำ สาเหตุดังกล่าวอาจเป็นผลจากการเติมอากาศ ด้วยระบบการปล่อยให้มีการไหลเวียนของน้ำหมักส้มผัสกับออกซิเจนมากจนเกินไปจากการใช้ปั๊มดูดน้ำหมักแล้วปล่อยลงในถังหมักตลอดในช่วงของการหมัก ทำให้เกิดการสูญเสียเอทิลแอลกอฮอล์ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการผลิตกรดแอซีติก ซึ่งการเติมอากาศที่มากจนเกินไปอาจส่งผลให้เกิดการระเหยของเอทิลแอลกอฮอล์ได้ (Boonmee and Intarapanich, 2006) จากรายงานของ Nanba et al.(1984); Park et al.(1991); Krisch and Szajani (1997) ได้กล่าวถึงในสภาพการหมักกรดแอซีติก ถ้าการปล่อยให้มีการไหลเวียนของน้ำหมักส้มผัสกับออกซิเจนมากจนเกินไปด้วยความเร็วสูงถึง 160 L/min อาจก่อให้เกิดปฏิกิริยาที่เรียกว่า overoxidation ซึ่งจะเปลี่ยนกรดแอซีติกให้เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำได้ จากรายงานวิจัยของมัลลิกาและคณะ (2550) ได้ศึกษาการผลิตกรดแอซีติกของแบคทีเรียผลิตกรดแอซีติก 3 สายพันธุ์ในถังปฏิกรณ์ชีวภาพ พบว่า ความเข้มข้นของกรดแอซีติกจากการผลิตทั้ง 3 สายพันธุ์ในสภาวะที่อุณหภูมิแปรปรวนและในสภาวะควบคุมอุณหภูมิมีค่าใกล้เคียงกัน คือ 43-46g/L ซึ่งปริมาณกรดแอซีติกที่ได้มีค่าต่ำกว่าการเพาะเลี้ยงในฟลาส์ก เนื่องจากการสูญเสียเอทิลแอลกอฮอล์จากการให้อากาศในช่วงระยะเวลาเริ่มต้นที่สภาวะค่าความเป็นกรดด่างยังไม่เหมาะสมต่อการผลิตกรด ทั้งนี้กรดแอซีติกจะถูกเริ่มผลิตอย่างรวดเร็วเมื่อค่า pH ในถังหมักลดลงอยู่ในช่วง pH 3.5-4.0 ซึ่งการระเหยออกผลของการขาดออกซิเจนหรือการให้อากาศที่ขัดข้องดังกล่าวในระหว่างการหมัก อาจก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเกิดผลกระทบต่อเชื้อ Acetobacter เป็นอย่างมากเพราะเชื้อนี้จะถูกทำลายอย่างรวดเร็ว (Frazier, 1988; Hitschmann and Stockinger, 1985) วราวุฒิและรุ่งนภา (2532) ได้กล่าวว่าผลของการทำลายเซลล์ Acetobacter ในระหว่างการขาดออกซิเจนยังเกี่ยวข้องกับปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการหมักด้วยได้แก่ ความเข้มข้นทั้งหมดของกรดแอซีติกและแอลกอฮอล์ในน้ำหมัก ความเข้มข้นของกรด อะซิติกและความเร็วของการหมัก เป็นต้น และยังรวมถึงระยะเวลาที่ขาดออกซิเจนด้วย ดังนั้นการผลิตน้ำส้มสายชูหมักที่ต้องใช้น้ำหมักที่มีความสูงของน้ำหมักเพิ่มขึ้นจึงจำเป็นต้องมีการให้อากาศเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และจะต้องปรับระบบการเติมอากาศในปริมาณที่เหมาะสมไม่ก่อให้เกิดการ overoxidation

นอกจากนี้ในการผลิตน้ำส้มสายชูหมักด้วยเครื่องต้นแบบนี้ จำเป็นต้องมีการปรับปรุงระบบเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสของเชื้อ Acetobacter เช่นการใช้วัสดุเพื่อช่วยยึดเซลล์เชื้อ Acetobacter ซึ่งวัสดุแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันเช่น charcoal pellets (Horiuchi et al, 2000) เป็นต้น วราวุฒิ และคณะ (2553) ได้แนะนำถึงกระบวนการผลิตแบบ Quick process เป็นกระบวนการหมักที่นำไวน์ผ่านภาชนะที่มีความสูง โดยมีการเพิ่มพื้นที่ของการเจริญของเชื้อแบคทีเรียแอซีติก ถังหมักที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย คือ Generator การใช้ถังหมักดังกล่าวจะต้องมีตัวกลางบรรจุอยู่ภายในเพื่อให้เชื้อแบคทีเรียแอซีติกเจริญยึดเกาะกับตัวกลาง กระบวนการหมักนี้เกิดขึ้นโดยการปล่อยให้ไวน์ไหลจากด้านบนลงสู่ก้นถังไหลผ่านตัวกลางและพ่นอากาศเข้าทางก้นของถัง ทั้งนี้ตัวกลางจะเลือกใช้วัสดุประเภทเฉื่อย (Inert material) เพื่อช่วยยึดเซลล์ของเชื้อแบคทีเรียแอซีติก วัสดุต่าง ๆ ที่เลือกใช้ประกอบด้วย Ceramic Support พลาสติกในกลุ่ม Lipophilic fibrous support เช่น Polypropylene, Polyethylene, Polystyrenes, Polyethylene terephthalate หรือ Polyurethane เศษไม้ (De Ory et al., 2003) ชานอ้อย (Kocher et al., 2006) และใยบวบ (Krusong et al., 2007) เป็นต้น เพื่อช่วยให้การหมักเกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพในการหมักสูงขึ้นและให้ปริมาณกรดแอซีติกในปริมาณที่เพิ่มขึ้น



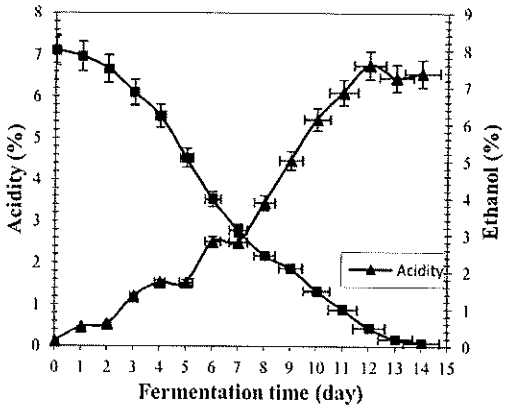
ภาพที่ 1 แบบร่างไดอะแกรมชุดอุปกรณ์เครื่องต้นแบบผลิตน้ำส้มสายชูหมัก

ตารางที่ 1 ปริมาณแอลกอฮอล์ในขั้นตอนการหมักแอลกอฮอล์ด้วยเครื่องต้นแบบในระดับขยายส่วนเป็นระยะเวลา 14 วัน

Ratio	Alcohol concentration (%)													
Fruit: water	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1:1	0.22^{a}	3.03^{a}	5.67^{a}	7.50^{a}	8.04^{a}	8.12^{abc}	8.56^{a}	8.37^{b}	8.41^{a}	8.31^{bc}	8.15^{bc}	7.71^{c}	7.71^{ab}	7.54^{dc}
1:2	0.11^{ab}	2.39^{b}	4.96^{b}	7.03^{a}	8.13^{a}	8.48^{a}	8.57^{a}	8.65^{ab}	8.84^{a}	8.94^{ab}	8.74^{abc}	9.12^{ab}	8.50^{a}	8.48^{abc}
1:3	0.11^{ab}	2.01^{bc}	3.96^{c}	5.71^{b}	7.22^{abc}	7.95^{abc}	8.75^{a}	9.40^{a}	9.04^{a}	9.70^{a}	9.61^{a}	9.61^{a}	8.91^{a}	9.11^{a}
1:4	0.00^{b}	1.56^{c}	3.44^{c}	5.24^{c}	6.31^{bc}	7.31^{bc}	9.00^{a}	9.00^{ab}	9.00^{a}	9.00^{ab}	9.00^{abc}	9.18^{ab}	9.00^{a}	8.82^{abc}
1:5	0.00^{b}	1.45^{cd}	3.30^{c}	4.87^{bc}	6.15^{bc}	7.14^{bc}	8.91^{a}	8.91^{ab}	9.00^{a}	9.00^{ab}	9.00^{abc}	9.00^{ab}	9.00^{a}	8.91^{a}
1:6	0.00^{b}	0.88^{d}	2.04^{d}	3.10^{c}	4.16^{c}	5.25^{c}	6.64^{b}	7.33^{c}	8.65^{a}	8.82^{ab}	8.66^{abc}	8.66^{abc}	8.66^{a}	8.61^{ab}
1:7	0.00^{b}	0.00^{e}	0.77^{ef}	1.85^{de}	2.64^{d}	3.53^{de}	4.59^{cd}	5.17^{d}	6.10^{b}	6.75^{de}	7.53^{cd}	8.12^{bc}	8.95^{a}	9.1^{0a}
1:8	0.00^{b}	0.00^{e}	1.25^{e}	2.24^{cd}	2.63^{d}	4.16^{cd}	4.88^{c}	5.34^{d}	6.25^{a}	7.42^{cd}	7.67^{cd}	8.29^{bc}	8.53^{a}	8.44^{abc}
1:9	0.00^{b}	0.00^{e}	0.55^{f}	1.30^{de}	2.11^{d}	3.16^{de}	3.73^{de}	4.66^{de}	5.42^{bc}	6.17^{de}	6.77^{de}	7.48^{c}	8.02^{ab}	8.36^{abc}
1:10	0.00^{b}	0.00^{e}	0.22^{f}	1.00^{e}	1.55^{d}	2.43^{e}	3.24^{e}	3.87^{e}	4.37^{c}	5.21^{f}	5.84^{e}	6.37^{d}	6.93^{b}	7.24^{c}

Ratio	Acetic acid Concentration (%)													
Fruit: water	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1:1	0.34^{a}	0.46^{a}	0.53^{a}	0.53^{a}	1.52^{a}	1.53^{a}	2.51^{a}	2.50^{a}	3.45^{a}	4.47^{a}	5.46^{a}	6.11^{a}	6.76^{a}	6.46^{a}
1:2	0.25^{b}	0.35^{b}	0.38^{b}	0.42^{b}	1.40^{b}	1.40^{b}	2.40^{b}	2.40^{b}	3.37^{b}	4.37^{b}	5.34^{ab}	5.80^{ab}	5.84^{b}	5.84^{b}
1:3	0.23^{b}	0.29^{c}	0.33^{c}	0.32^{c}	1.37^{b}	1.37^{b}	2.40^{b}	2.40^{b}	3.37^{b}	4.37^{b}	5.33^{c}	5.83^{ab}	5.31^{c}	5.30^{c}
1:4	0.19^{c}	0.22^{d}	0.26^{d}	0.29^{cd}	1.30^{c}	1.31^{c}	2.30^{c}	2.31^{c}	3.31^{bc}	4.28^{b}	5.27^{c}	5.45^{a}	5.24^{d}	5.24^{d}
1:5	0.18^{c}	0.22^{de}	0.24^{d}	0.28^{d}	1.28^{cb}	1.31^{c}	2.29^{cd}	2.29^{c}	3.28^{c}	4.27^{b}	5.27^{c}	5.43^{b}	5.22^{d}	5.22^{d}
1:6	0.16^{cd}	0.18^{fg}	0.21^{e}	0.24^{e}	1.26^{cd}	1.28^{cd}	2.29^{cd}	2.30^{c}	3.32^{bc}	3.34^{c}	4.35^{c}	4.49^{c}	4.42^{e}	4.40^{e}
1:7	0.15^{cde}	0.18^{fgh}	0.20^{ef}	0.22^{ef}	1.22^{d}	1.25^{d}	2.27^{de}	2.28^{c}	3.29^{c}	3.30^{c}	4.32^{c}	4.42^{c}	4.32^{ef}	4.26^{f}
1:8	0.16^{cd}	0.19^{efg}	0.20^{ef}	0.21^{ef}	1.25^{cd}	1.25^{d}	2.26^{de}	2.26^{c}	3.28^{c}	3.33^{c}	4.35^{c}	4.40^{c}	4.38^{ef}	4.34^{ef}
หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้ง แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)												39^{c}	4.30^{f}	4.27^{f}
1:10	0.11^{e}	0.15^{g}	0.17	0.19	1.22^{d}	1.24^{e}	2.24^{e}	2.26^{c}	3.26^{c}	3.27^{c}	4.26^{c}	4.37^{c}	4.28^{f}	4.25^{f}

หมายเหตุ : abcdefค่าเฉลี่ยที่ทำกำกับด้วยอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้ง แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)



ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ของการใช้แอลกอฮอล์และปริมาณกรดแอซีติกในน้ำหมักที่มีอัตราส่วนของวัตถุดิบต่อน้ำ 1 : 1 ด้วยเชื้อ A *aceti* (TISTR 354) ที่อุณหภูมิ 30+1°C

สรุป

เครื่องต้นแบบที่นำมาใช้ในการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากเงาะ ยังให้ประสิทธิภาพในการผลิตระดับต่ำถึงปานกลาง โดยในการกระบวนการหมักน้ำส้มสายชูหมักจากเงาะ ในขั้นตอนการหมักแอลกอฮอล์ให้ปริมาณแอลกอฮอล์สูงสุด 9.70% (v/v) ในวันที่ 10 ของการหมัก ส่วนขั้นตอนการหมักกรดแอซีติกให้ปริมาณกรดสูงสุด 6.76 % (v/v) ในวันที่ 13 ของการหมัก ซึ่งใช้ระยะเวลามากในการสร้างผลผลิตแอลกอฮอล์และกรดแอซีติก ดังนั้นเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในระยะยาว มีความจำเป็นต้องพัฒนาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหมัก เพื่อให้ประสิทธิภาพการผลิตที่สูงขึ้น เช่น สายพันธุ์ของแบคทีเรียผลิตกรดแอซีติก การควบคุมอุณหภูมิ ออกแบบตัวกลางเพื่อการยึดเกาะของเซลล์จุลินทรีย์ เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัย จากมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ประจำปีงบประมาณ 2556

เอกสารอ้างอิง

มัลลิกา บุญมี สุทธวรรณ อินทรพานิช และอรอนงค์ โคตะโน. 2550. **ผลของการควบคุมอุณหภูมิต่อการผลิตกรดแอซีติกของ Acetobacter spp.** ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น. แหล่งข้อมูล : http://home.kku.ac.th/mallikab/publications/2007-TempAcetic.pdf (25 พฤษภาคม 2557)

วราวุฒิ ครูส่ง และ รุ่งนภา พงสวัสดิ์มานิต. 2532. **เทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรม.** โอ.เอส.พริ้นติ้งเฮ้าส์, กรุงเทพฯ.

วราวุฒิ ครูส่ง พนิต เพ็ชรน่วม และ ประภาส ปิ่นวิเศษ. 2553. **เส้นทางวิจัยกระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมัก : การพัฒนาเทคโนโลยี เพื่อทดแทนการนำเข้าสู่การยอมรับของภาคเอกชนไทย.** วารสารวิจัยและนวัตกรรมเพื่ออุตสาหกรรมไทย. ฉบับที่ 1 (1): 14-21.

วริศชนม์ นิลนนท์ และ ประมวล ศรีกาหลง. 2553. **การพัฒนาเครื่องต้นแบบสำหรับผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากผลไม้ในระดับอุตสาหกรรมท้องถิ่นเพื่อเพิ่มผลผลิตและมูลค่า และการถ่ายทอดเทคโนโลยี.** มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี, จันทบุรี.

ศรีปาน เชยกลิ่นเทศ ทศพร นามโฮง และ กลอยใจ เชยกลิ่นเทศ. 2556. **ผลของการเตรียมเนื้อลาไย เงาะ และลิ้นจี่ก่อนการอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับอินฟราเรด ตามด้วยลมร้อนต่อปริมาณน้ำตาล และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ.** วารสาร มทรส., 1(2): 115-127. แหล่งข้อมูล : "http://www.journal.rmutsb.ac.th/th/data_news/file/rmutsb-journal-20131227-pdf-214.pdf" (25 พฤษภาคม 2557)

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2547. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักมผช.**326/2547. http://tisi.go.th/otop/pdf.file/tups 326_47 pdf. (2 ตุลาคม 2555)

AOAC. 1984. Official Methods of Analysis. 14th ed. The Association of Official Analytical Chemists, Virginia.

AOAC. 2000. Official Methods of Analysis. 17th ed. The Association of Official Analytical Chemists, Maryland.

Boonmee M. and Intarapanich S. 2006. Significance of Substrate Loss during Fermentation on Product Yield Calculation: a Case Study of Acetic Acid Production. ในการประชุมวิชาการวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 16 วันที่ 26 - 27 ตุลาคม 2549. โรงแรมรามาการ์เด้น, กรุงเทพฯ.

De Ory, I., Romero, L.E., and Cantero, D. 2003. Optimization of immobilization conditions for vinegar production. Siran, wood chips and polyurethan foam as carriers for Acetobacter aceti, Process Biochem. 39: 547-555.

Fila W. O., Johnson J. T., Edem P. N., Odey M. O., 1Ekam V. S., Ujong U. P. and Eteng O.E. 2012. **Comparative anti-nutrients assessment of pulp, seed and rind of Rambutan *(Nephelium Lappaceum).*** Annals of Biological Research, Vol. 3 (11):5151-5156.

Frazier, W.D., and Westhoff, D.C. 1988. **Food microbiology. 4th ed.** McGraw-Hill Book Co., Singapore.

Hitschmann, A., and Stockinger, H. 1985. **Oxygen deficiency and its effect on the adenylate system in *Acetobacer* in the submerse acetic fermentation.** Appl. Microbiol. Biotechnol. 22: 46-49.

Horiuchi, J., Tabata, K., Kanno, T., and Kobayashi, M. 2000. **Continuous acetic acid production by a packed bed bioreactor employing charcoal pellets derived from waste mushroom medium. J. Biosci Bioeng.** 89: 126-130.

Krisch, J., and Szajani, B. 1997. **Ethanol and acetic tolerance in free and immobilized cells of *Saccharomyces cerevisae and Acetobacter aceti.*** Biotechnol. Letters. 19: 525-528.

Kocher, G.S., Kalra, K.L., and Phutela, R.P. 2006. **Comparative production of sugarcane vinegar by different immobilization techniques.** J. Inst Brew. 112: 264-266.

Krusong, W., Vichitraka, A., and Pornpakdeewattana, S. 2007. **Luffa sponge as supporting material of *Acetobacter aceti* WK for corn vinegar production in semi-continuous process.** KMITL Sci J. 7: 63-68.

Nanba, A., Tamura, A., and Nagai, S. 1984. **Synergistic effects of acetic-acid and ethanol on the growth of *Acetobacter sp. J.*** Ferment. Technol. 62:501-505.

Park, V.S., Toda, K. Fukaya, M. Okumura, H., and Kawamura, Y. 1991. **Production of a high-concentration acetic-acid by Acetobacter aceti using a repeated fed-batch culture with cell recycling.** Appl. Microbiol. Biotechnol. 35:149-153.

Tesfaye, W., Morales, M.L., Garcia-Parrilla, M.C., and Troncoso, A.M. 2002. **Wine vinegar: technology, authenticity and quality evaluation.** Food Science & Technology. 13: 12–21.

วารสารวิจัยรำไพพรรณี
Rajabhat Rambhai Barni Research Journal

ISSN 1906-327X ปีที่ 9 ฉบับที่ 1 ตุลาคม 2557 - มกราคม 2558

การพัฒนากระบวนการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบ เพื่อส่งเสริมอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มขนาดเล็กในพื้นที่จังหวัดตรา 5
วิทยา เจริญเศรษฐกุล, พอพันธ์ สุทธิวัฒนะ, สินาด โกศลานันท์

การพัฒนาเครื่องสีข้าวและการออกแบบบรรจุภัณฑ์ข้าวสารของสมาชิกกลุ่มชาวนา ตำบลตะปอน อำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี 16
สมพล ผลมูล, พอพันธ์ สุทธิวัฒนะ, สินาด โกศลานันท์

การประยุกต์ใช้สเตรนเกจวัดน้ำหนักวัดฉุบนพื้นเอียง 25
ณัฏฐิกา สมัยมงคล, ชีวะ ทัศนา

การจัดการขยะตรวจค้นของอาคารผู้โดยสารขาออก ท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ 31
คมชาญ เจือจ้อย, วิลาขา ภู่จินดา

การพัฒนาการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากเงาะด้วยเครื่องต้นแบบ 39
วริศชนม์ นิลนนท์, หยาดรุ้ง สุวรรณรัตน์, ประมวล ศรีกาหลง

ปัญหาและอุปสรรคการบังคับใช้กฎหมายปฏิรูปที่ดิน 46
อเนตร พารา, นายอนันต์ เพียรวัฒนะกุลชัย

ศูนย์การค้ากับการจัดการสิ่งแวดล้อมและการลดปัญหาโลกร้อน 53
ธนันชัย สุนพคุณศรี, บุญจง ขาวสิทธิวงษ์, จำลอง โพธิ์บุญ

ปัญหาและอุปสรรคทางกฎหมายในการบังคับใช้พระราชบัญญัติ ควบคุมการขายทอดตลาดและค้าของเก่า พ.ศ. 2474 64
มิลิณ มานะปัญญา

ปัจจัยการเตรียมความพร้อมของบุคลากรที่มีผลต่อความสำเร็จในการประกันคุณภาพการศึกษา
ของวิทยาลัยเทคโนโลยีอาชีวศึกษาเอกชน สังกัดสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการศึกษาเอกชน จังหวัดชลบุรี 73
จิราภรณ์ กันทะไชย, พงศ์เทพ จิระโร, สมศักดิ์ ลิลา

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมจิตสาธารณะของนักศึกษาคณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ 80
ศิริสุข นาคะเสนีย์, ชุลี ปัญจะผลินกุล, ศศิวิมล ไมอ่อน

การศึกษาความรู้ความเข้าใจเรื่องการบริหารความเสี่ยงและการนำไปใช้เพื่อการบริหารงานอย่างมีประสิทธิภาพ
ระดับผู้บริหารและผู้ปฏิบัติงานมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี 91
ทัศนัย ขัตติยวงษ์, นงนุช วงษ์สุวรรณ, นิพนธ์ วุฒิชัย

การสร้างชุดกิจกรรมทัศนศิลป์เพื่อพัฒนาความสามารถในการปฏิบัติงานศิลปะและความคิดสร้างสรรค์
สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 98
เกศินี กี่จบา

การประเมินอภิมานรายงานการประเมินกับสภาพความสอดคล้องของสถานศึกษาพอเพียง
สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา จังหวัดฉะเชิงเทรา 105
ฉัตรกนก ศรีธรรม, พงศ์เทพ จิระโร, ดร.สมศักดิ์ ลิลา

คุณลักษณะของบัณฑิตพึงประสงค์สาขาวิชารัฐประศาสนศาสตร์สำหรับความต้องการของหน่วยงานภาครัฐและภาคเอกชน 115
สิรินดา กมลเขต

กระบวนการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนแปลงตนเองสำหรับการพัฒนาครูปฐมวัย 123
หฤทัย อนุสสรราชกิจ

วารสารวิจัยรำไพพรรณี

Rajabhat Rambhai Barni Research Journal

ปีที่ 9 ฉบับที่ 1 ประจำปี 2558 (ตุลาคม 2557 - มกราคม 2558) ISSN 1906-327X

ชื่อ	วารสารวิจัยรำไพพรรณี	
เจ้าของ	สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี	
	41 ม. 5 ถ. รักศักดิ์ชมูล ต. ท่าช้าง อ. เมือง จ.จันทบุรี 22000	
ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ไวกูณฑ์ ทองอร่าม	
บรรณาธิการผู้ทรงคุณวุฒิ	ศาสตราจารย์ พิเศษ ดร.ยุวัฒน์ วุฒิเมธี	ศาสตราจารย์ ดร.อำไพ สุจริตกุล
	ศาสตราจารย์ ดร.เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต	ศาสตราจารย์ ดร.สนิท สมัครการ
	ศาสตราจารย์ ดร.ดวงเดือน พันธุมนาวิน	ดร.ดิเรก พรสีมา
	ศาสตราจารย์ นพ.ศาสตร์ เสาวคนธ์	ศาสตราจารย์ ดร.สุทัศน์ ยกส้าน
	ศาสตราจารย์ ดร.สุภางค์ จันทวานิช	Professor Dr.V.Subramanian
	Professor Dr.Mohamad Pauzi zakari	Professor Dr. Gil S. Jacinto
บรรณาธิการ	ว่าที่เรือโทเอกชัย กิจเกษาเจริญ	
กองบรรณาธิการ	รองศาสตราจารย์อร่าม อรรถเจตีย์	อาจารย์สมภพ จรพิภพ
	ดร.ชวัลรัตน์ สมนึก	อาจารย์สุทธินันท์ โสตวิถี
	อาจารย์เรืองอุไร วรรณโก	นางสาวนิตยา ต้นสาย
	นางสาวบุศรา สาระเกษ	นางสาวชุติมา พิมลภาพ
	นางสาวกรรณิกา สุขสมัย	นางสาวชุลีรัตน์ ผดุงสิน
	นางสาวปิยาภรณ์ กระจ่างศรี	นางสาวอุไรวรรณ แสนเขียววงศ์

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิในกองบรรณาธิการประเมินบทความ ประจำฉบับ (Peer Review) สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์

รองศาสตราจารย์วรญา ภูเสตวงษ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
รองศาสตราจารย์วิมล เอมโอช	มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
รองศาสตราจารย์พรทิพา นิโรจน์	มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
รองศาสตราจารย์อัมพวัน ประเสริฐภักดิ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
รองศาสตราจารย์สายตา ประเสริฐภกดิ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
รองศาสตราจารย์ดารณี นวพันธุ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คมพล สุวรรณกูฏ	มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประสาน ธัญญะชาติ	มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์อุรพงศ์ คันธวัลย์	มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ฉวี สิงหาด	มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์จิตติมา สิงหธรรม	มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธัญญาณี นิยมกิจ	มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรสวัสดิ์ ศิรศาตนันท์	มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรีย์มาศ สุขกสิ	มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
อาจารย์ ดร.หฤทัย อนุสสรราชกิจ	มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
อาจารย์ ดร.เยาวเรศ ใจเย็น	มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
อาจารย์ ดร.สวัสดิ์ชัย ศรีพนมธนากร	มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

อาจารย์ ดร.นริศ สวัสดี	มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
อาจารย์ ดร.อุลิช ดิษฐปราณีต	มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
ว่าที่เรือโทเอกชัย กิจเกษาเจริญ	มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
อาจารย์ชัชวาล อยู่ดี	มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
อาจารย์กนกวรรณ อยู่ไสว	มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์อิสรีย์ กานต์เรืองศิริ	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
อาจารย์ ดร.ธันนิกานต์ ชยันตราคม	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
อาจารย์ ดร.ปกรณ์ เมฆแสงสวย	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เจริญวิชญ์ สมพงษ์ธรรม	มหาวิทยาลัยบูรพา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จันทนา คชประเสริฐ	มหาวิทยาลัยบูรพา
อาจารย์ ดร.รณชัย รัตนเศรษฐ	มหาวิทยาลัยบูรพา
อาจารย์ ดร.ประชา อินัง	มหาวิทยาลัยบูรพา
อาจารย์ ดร.บุญรอด บุญเกิด	มหาวิทยาลัยบูรพา
อาจารย์วัชรพงษ์ แจ้งประจักษ์	มหาวิทยาลัยบูรพา
อาจารย์ ดร.ศิริเพ็ญ ดาบเพชร	มหาวิทยาลัยนเรศวร

สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ มิ่มกระโทก	มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วริศชนม์ นิลนนท์	มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
อาจารย์ ดร.ชวัลรัตน์ สมนึก	มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
อาจารย์ ดร.หยาดรุ้ง สุวรรณรัตน์	มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
อาจารย์ ดร.ชีวะ ทัศนา	มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
อาจารย์ ดร.สุทิศา พินิจไพฑูรย์	มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
อาจารย์ ดร.โชติ เนืองนันท์	มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
รองศาสตราจารย์ ดร.มาโนชญ์ ศิริพิทักษ์เดช	มหาวิทยาลัยนเรศวร
รองศาสตราจารย์ ดร.วิสาขา ภู่จินดา	สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนกฤต เทียนหวาน	มหาวิทยาลัยพะเยา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์วีระพล แจ่มสวัสดิ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชงโค แซ่ตั้ง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
อาจารย์ ดร.สรรลาภ สงวนดีกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
อาจารย์ ดร.บัญชา เวียงสมุทร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชนวัฒน์ ตันติวรานุรักษ์	มหาวิทยาลัยบูรพา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์มานะ เชาวรัตน์	มหาวิทยาลัยบูรพา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ฉลองชัย ธีวสุทรสกุล	มหาวิทยาลัยบูรพา
อาจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ เขียวมั่ง	มหาวิทยาลัยบูรพา
อาจารย์ ดร.ณยศ คุรุกิจโกศล	มหาวิทยาลัยบูรพา
อาจารย์ ดร.จักรพันธ์ นาน่วม	มหาวิทยาลัยบูรพา
อาจารย์ ดร.เกตุสุเดช กำแพงแก้ว	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
อาจารย์ ดร.เรืองวิทย์ สว่างแก้ว	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์พีรชัย กุลชัย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ออกแบบรูปเล่มและจัดพิมพ์ นางสาวนิตยา ต้นสาย

ปีที่พิมพ์ พ.ศ. 2557

พิมพ์ที่ บริษัท กีรติการพิมพ์ จำกัด 83/73 ม.3 ต.บ้านสวน อ.เมือง จ.ชลบุรี 20000

บทบรรณาธิการ

วารสารวิจัยรำไพพรรณี สถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี เป็นวารสารวิจัยที่เผยแพร่บทความบทความวิจัย ของนักวิจัย นักศึกษา บัณฑิตศึกษา คณาจารย์ทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยที่สนใจมาอย่างต่อเนื่องเป็นปีที่ 9 โดยบทความวิจัยที่ได้รับการคัดเลือกให้ตีพิมพ์ในวารสารนี้ ได้ผ่านการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญตามสาขาวิชา และวารสารวิจัยรำไพพรรณี ได้จัดอยู่ในฐานข้อมูล TCI ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553 จนถึงปัจจุบัน โดยได้มีการพัฒนาคุณภาพวารสารมาโดยตลอดและได้บรรจุอยู่ในฐานข้อมูล TCI กลุ่มที่ 2 สำหรับการเผยแพร่วารสารวิจัยรำไพพรรณี ได้เผยแพร่ไปยังเครือข่ายมหาวิทยาลัย และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต่างๆ ทั่วประเทศ

กองบรรณาธิการขอขอบคุณผู้เขียนทุกท่านที่ส่งบทความวิจัยมาให้พิจารณาตีพิมพ์ ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิในการพิจารณาบทความ (Peer reviews) ทุกท่านที่ให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขบทความวิจัยต่างๆให้มีความถูกต้อง และขอขอบพระคุณ ทุกท่าน ที่มีส่วนสนับสนุนการจัดทำวารสารวิจัยรำไพพรรณี ฉบับนี้ ให้เสร็จสมบูรณ์ด้วยดี หวังเป็นอย่างยิ่งว่า วารสารวิจัยรำไพพรรณี ปีที่ 9 ฉบับที่ 1 ตุลาคม 2557- มกราคม 2558 จะสามารถตอบสนองความสนใจของผู้อ่านทุกท่านได้เป็นอย่างดี และหากท่านผู้สนใจต้องการส่งบทความวิจัยตีพิมพ์ในวารสารวิจัยรำไพพรรณี สามารถส่งมายังกองบรรณาธิการวารสาร ซึ่งจะได้ดำเนินการรวบรวม คัดกรอง เพื่อนำไปสู่การเผยแพร่ผลงานด้านการวิจัยอันจะส่งผลต่อการยกระดับคุณภาพการศึกษาต่อไป

ว่าที่เรือโท

เอกชัย กิจเกษาเจริญ

บรรณาธิการวารสารวิจัยรำไพพรรณี

55	0859-9807	วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ	สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยทักษิณ
56	0858-7418	วารสารมหาวิทยาลัยนเรศวร	มหาวิทยาลัยนเรศวร
57	0125-2038	วารสารโรคมะเร็ง	มูลนิธิสถาบันมะเร็งแห่งชาติ
58	1686-8579	วารสารโรงพยาบาลเจริญกรุงประชารักษ์	ศูนย์ส่งเสริมการวิจัย โรงพยาบาลเจริญกรุงประชารักษ์
59	0125-6882	วารสารโรงพยาบาลชลบุรี	โรงพยาบาลชลบุรี
60	0858-6101	วารสารโรงพยาบาลศรีธัญญา	โรงพยาบาลศรีธัญญา
61	0859-7251	วารสารโรงพยาบาลสกลนคร	โรงพยาบาลสกลนคร
62	1906-3334	วารสารวิจัย มสด. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
63	1906-6627	วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
64	1905-7393	วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง	คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
65	1686-3437	วารสารวิจัยพลังงาน	สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
66	1686-9974	วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม	สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
67	1905-4963	วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร	สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
68	1906-1722	วารสารวิจัยรามคำแหง ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยรามคำแหง
69	1906-327X	วารสารวิจัยร่ำไพพรรณี	สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏร่ำไพพรรณี
70	1906-2605	วารสารวิจัยและพัฒนาระบบสุขภาพ	สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดกาฬสินธุ์
71	1906-1137	วารสารวิจัยสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น	ฝ่ายวิจัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
72	1686-4409	วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
73	1906-392X	วารสารวิชาการ วิศวกรรมศาสตร์ ม.อบ.	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
74	2228-8120	วารสารวิชาการ ศิลปะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร	คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
75	1905-291X	วารสารวิชาการ สถาบันการพลศึกษา	สถาบันการพลศึกษา
76	0125-5134	วารสารวิชาการคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สจล.	คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
77	1905-3819	วารสารวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรม พระจอมเกล้าพระนครเหนือ	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
78	1906-7186	วารสารวิชาการนายเรืออากาศ	โรงเรียนนายเรืออากาศ
79	2286-6175	วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย
80	2350-9600	วารสารวิชาการโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า	โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า
81	0858-4923	วารสารวิชาการสาธารณสุข	สำนักวิชาการสาธารณสุข กระทรวงสาธารณสุข
82	0859-1083	วารสารวิชาการสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 5 จังหวัดนครราชสีมา	สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 5 จังหวัดนครราชสีมา
83	1905-9450	วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา	สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
84	0859-4562	วารสารวิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี นครราชสีมา	วิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี นครราชสีมา
85	0859-6808	วารสารวิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี อุตรดิตถ์	วิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี อุตรดิตถ์
86	0858-110X	วารสารวิทยาลัยพยาบาลพระปกเกล้า จันทบุรี	วิทยาลัยพยาบาลพระปกเกล้า จันทบุรี
87	1686-4522	วารสารวิทยาศาสตร์ คชสาส์น	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์
88	0859-6633	วารสารวิทยาศาสตร์การออกกำลังกายและกีฬา	คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา