# บทที่ 1
# บทนำ

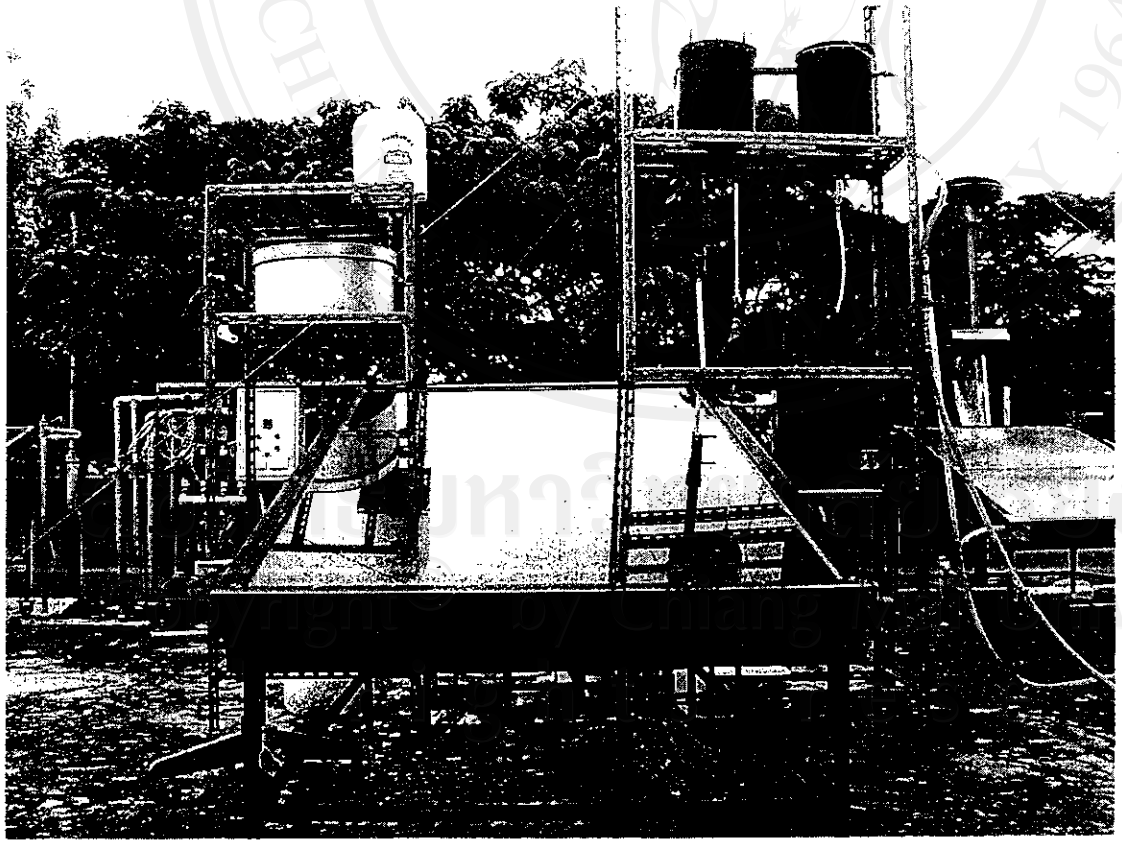
## 1.1 ที่มาและความสำคัญของการวิจัย

ในปัจจุบันปริมาณความต้องการใช้พลังงานในรูปแบบต่าง ๆ มีค่าค่อนข้างสูงโดยเฉพาะเชื้อเพลิงฟอสซิล ซึ่งใช้กันมากทั้งในภาคอุสาหกรรมและใช้กับเครื่องจักรกลอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ในขณะที่ปริมาณสำรองที่มีอยู่ก็มีปริมาณลดน้อยลง ตรงกันข้ามกับราคาที่มีแนวโน้มจะเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ ส่งผลกระทบกับประเทศที่ต้องมีการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศอย่างเช่นประเทศไทย ซึ่งต้องนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศในรูปแบบต่าง ๆ อย่างหลีกไม่ได้ ทำให้ต้องสูญเสียเงินตราต่างประเทศในแต่ละปีอย่างมหาศาล ดังนั้นการศึกษาและพัฒนาหาแหล่งพลังงานทดแทนใหม่มาใช้เพื่อลดการนำเข้าพลังงานดังกล่าวจึงมีความจำเป็น การผลิตเอทานอลจากผลิตผลทางการเกษตรเพื่อนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงหรือนำมาใช้ผสมกับน้ำมันเชื้อเพลิงเป็นแนวทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ เพราะนอกจากจะแก้ปัญหาทางด้านพลังงานโดยตรงแล้วยังสามารถช่วยแก้ปัญหาราคาพืชผลทางการเกษตรได้ด้วย โดยในกระบวนการผลิตจะเริ่มต้นจากการนำผลิตผลทางการเกษตรมาหมัก ซึ่งในขั้นตอนนี้จะได้สารละลายเอทานอลที่มีความเข้มข้นประมาณ 8 – 10 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร จากนั้นก็นำไปผ่านกระบวนการกลั่นเพื่อให้ได้เอทานอลที่มีความเข้มข้นสูงขึ้น สำหรับในกระบวนการกลั่นนั้น ปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งก็คือพลังงานความร้อนที่จะต้องใช้ในการระเหยเพื่อแยกสารผสมระหว่างเอทานอลและน้ำซึ่งมีอุณหภูมิจุดเดือดที่ต่างกันออกจากกัน โดยอุณหภูมิจุดเดือดของน้ำที่สภาวะบรรยากาศจะอยู่ที่ 100°C และจุดเดือดของเอทานอลจะอยู่ที่อุณหภูมิ 78.3 °C ดังนั้นการใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานความร้อนจึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจ เนื่องจากตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์สามารถทำงานได้ที่อุณหภูมิจุดเดือดของสารผสมดังกล่าว

สำหรับในการศึกษาวิจัยเกี่ยวการกลั่นเอทานอลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ที่ผ่านมา ได้มีนักวิจัยหลายท่านที่ทำการศึกษาโดยการใช้วิธีการและเทคนิคการกลั่นที่แตกต่างกันออกไป ตัวอย่างเช่น Toure *et al.* (1999) ทำการศึกษาเครื่องกลั่นเอทานอลพลังงานแสงอาทิตย์แบบอ่าง ซึ่งประกอบไปด้วยอ่างสองอ่างและมีกระจกเอียงสองด้าน Namprakai *et al.* (1996) พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับทำนายอัตราการถ่ายเทความร้อนและอัตราการถ่ายเทมวลของเครื่องกลั่นเอทานอลพลังงานแสงอาทิตย์แบบอ่างที่มีกระจกสองชั้นเอียงด้านเดียวเทียบกับผลการทดลอง วิชาญ ก่องตาวงษ์ (2526) ศึกษาการกลั่นเอทานอลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้ตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แบบแผ่นเรียบ ดำเนินการกลั่นภายใต้ความดันต่ำกว่าบรรยากาศ เกษตร ชัยมณีวงษ์ (2525) ศึกษาการกลั่นเอทานอลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้เครื่องกลั่นพลังงานแสงอาทิตย์แบบขั้นบันได พร ประสิทธิ์ คงบุญ (2546) พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับทำนายผลการกลั่นเอทานอลด้วยตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์แบบท่อความร้อนเทียบกับผลการการทดลอง ใช้ระบบกลั่นสองแบบ คือ ระบบกลั่นแบบเติมสารครั้งเดียวและแบบเติมสารอย่างต่อเนื่อง เป็นต้น ซึ่งจากการศึกษาวิจัยที่ผ่านมาจะพบว่า ได้มีการนำเอาเทคนิคและวิธีการต่าง ๆ มาใช้เพื่อพัฒนาระบบกลั่นเอทานอลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ให้มีสมรรถนะดีขึ้น สำหรับในการวิจัยนี้ได้นำเอาเทคนิคการกลั่นแบบใหม่ที่เรียกว่าเทคนิคบับเบิ้ลปั๊ม (Bubble Pump Technique) มาใช้ในการกลั่นเอทานอลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ โดยในการศึกษาได้พิจารณาถึงผลของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีต่ออัตราการกลั่นและความเข้มข้นของเอทานอลที่กลั่นได้ ได้แก่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในและความสูงของท่อบับเบิ้ลปั๊ม และปริมาณความร้อนที่ใช้ เพื่อหาจุดทำงานที่เหมาะสมของระบบกลั่นดังกล่าวก่อนที่จะทำการทดสอบกลั่นจริงด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานไฟฟ้าในลำดับต่อไป



รูป 1.1 เครื่องกลั่นเอทานอลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ที่ทำการศึกษา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ระบบการกลั่นเอทานอลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้เทคนิคบับเบิ้ลปั๊มที่ทำการศึกษาแสดงดังในรูป 1.1 หลักการทำงานจะเริ่มต้นจากสารละลายเอทานอลที่มีความเข้มข้นเริ่มต้นประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรซึ่งบรรจุอยู่ในถังถูกป้อนเข้าไปรับความร้อนที่ตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ เมื่อสารละลายเอทานอลได้รับความร้อนก็จะเริ่มเดือดกลายเป็นไอและมีความดันสูงขึ้นผลักดันให้ของผสมระหว่างไอและของเหลวไหลขึ้นไปตามท่อในแนวดิ่งเข้าสู่ถังแยกไอ - ของเหลว ซึ่งเรียกลักษณะปรากฏการณ์ดังกล่าวนี้ว่า Bubble Pump Technique (Srikirin, 2002) หลังจากนั้นส่วนที่เป็นของเหลวจะถูกแยกออกจากไอและไหลออกทางด้านล่างของถังแยกไอ - ของเหลว สำหรับส่วนที่เป็นไอจะไหลผ่านไปตามท่อทางด้านบนของถังแยกไอ – ของเหลวเพื่อไประบายความร้อนที่คอนเดนเซอร์และกลั่นตัวได้เอทานอลที่มีความเข้มข้นสูงขึ้นต่อไป

**1.2 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง**

ในการศึกษาวิจัยเกี่ยวการกลั่นเอทานอลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ที่ผ่านมา ได้มีนักวิจัยที่ทำการศึกษาโดยใช้วิธีการและเทคนิคการกลั่นที่แตกต่างกันออกไป เช่นเกษตร ชัยมณีวงษ์ (2525) ศึกษาการกลั่นเอทานอลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์โดยนำส่าเหล้าที่ได้จากการหมักมันสำปะหลังด้วยลูกแป้ง และยีสต์จำนวน 50 ลิตรซึ่งมีความเข้มข้นของเอทานอลอยู่ 12.5 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตรมากลั่นด้วยเครื่องกลั่นพลังงานแสงอาทิตย์แบบขั้นบันได ผลจากการกลั่นครั้งแรกจะได้ความเข้มข้นของเอทานอลออกมาประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร จากนั้นนำไปกลั่นต่อเป็นครั้งที่สองและสามจะได้ความเข้มข้นของเอทานอลเป็น 35 และ 57 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตรตามลำดับ และเมื่อทำการกลั่นต่อเป็นครั้งที่สี่ความเข้มข้นของเอทานอลที่ได้จะไม่เกิน 60 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร วิชาญ ก่องตาวงษ์ (2526) ศึกษาการกลั่นเอทานอลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ใช้หอกลั่นแบบแยกส่วน กลั่นสารละลายเอทานอลที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 10 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ภายใต้ความดันต่ำกว่าบรรยากาศ ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 150 – 350 มิลลิเมตรของปรอทด้วยการใช้เครื่องปั๊มโรตารี่ซึ่งใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 0.08 กิโลวัตต์ – ชั่วโมง ต่อการปั๊มแต่ละครั้ง ใช้ตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบขนาดพื้นที่ 1.4 ตารางเมตร ปริมาณเอทานอลที่กลั่นได้สูงสุด 2.5 ลิตรต่อวัน ความเข้มข้นที่ได้ประมาณ 45 – 80 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร มานะ คงดีจันทร์ (2534) ศึกษาการกลั่นเอทานอลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ในเครื่องกลั่นแนวนอน สารละลายเอทานอลที่ใช้กลั่นได้จากการหมักกากน้ำตาลและแป้งมันสำปะหลัง ความเข้มข้นเริ่มต้นประมาณ 8 – 10 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ความเข้มข้นที่กลั่นได้เฉลี่ยเท่ากับ 14.3 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร อัตราการกลั่นที่ได้เฉลี่ยต่อวันเท่ากับ 3.14 กิโลกรัม/ตารางเมตร และ 1.62 กิโลกรัมต่อตารางเมตร และมีต้นทุนการกลั่นเท่ากับ 2.48 บาทต่อลิตร และ 3.36 บาทต่อลิตร สำหรับเอทานอลที่กลั่นได้จากกากน้ำตาลและแป้งมันสำปะหลังตาม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ลำดับ Namprakai *et al.* (1997) ทำการศึกษาเครื่องกลั่นเอทานอลพลังงานแสงอาทิตย์แบบอ่าง พร้อมทั้งพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับทำนายอัตราการถ่ายเทความร้อนและมวลเทียบกับผลการทดลองด้วย โดยเครื่องกลั่นที่ศึกษามีขนาดพื้นที่ 0.49 ตารางเมตร มีผิวระเหยอยู่ในแนวนอน ส่วนผิวกลั่นตัวเป็นกระจกฝาปิดสองชั้นเอียงด้านเดียวทำมุม 6 องศากับแนวระดับ ระยะห่างระหว่างกระจกสามารถปรับค่าได้ตั้งแต่ 0.095 - 0.115 เมตร สารละลายเอทานอลที่ใช้กลั่นบรรจุอยู่ภายในอ่างซึ่งได้รับความร้อนจากกระแสน้ำร้อนที่ไหลอยู่ที่ฐานของอ่าง มีการควบคุมอุณหภูมิของผิวระเหยและผิวกลั่นตัวให้คงที่ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 40 - 70 และ 35 – 50 องศาเซลเซียสตามลำดับ จากการศึกษาพบว่าผลที่ได้จากการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ทำนายอัตราการถ่ายเทมวลและผลจากการทดลองมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีอัตราการกลั่นเฉลี่ยต่อวันอยู่ในช่วง 2.4 – 4 ลิตร/ตารางเมตร Toure *et al.* (1999) ศึกษาการกลั่นเอทานอลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์โดยประยุกต์ทฤษฎีของ Dunkle ที่ใช้กับเครื่องกลั่นแบบอ่างส่วนเดียวมาใช้กับเครื่องกลั่นแบบอ่างสองส่วน ซึ่งอ่างทั้งสองส่วนมีช่องว่างเชื่อมต่อระหว่างกันขนาดกว้าง 0.01 เมตร และยาว 0.6 เมตร ด้านบนของอ่างทั้งสองส่วนครอบด้วยกระจกเอียงสองด้านทำหน้าที่เป็นผิวกลั่นตัว เหนือกระจกด้านหนึ่งคลุมด้วยไม้อัดเพื่อป้องกันแสงแดด ด้านล่างของอ่างทั้งสองส่วนบุด้วยฉนวนชนิด Polystyrene หนา 0.08 เมตร อ่างส่วนแรกมีขนาดความกว้าง 0.5 เมตร ยาว 0.6 เมตร ทำหน้าที่เป็นทั้งอีวาปอเรเตอร์และคอนเดนเซอร์ ส่วนอ่างที่สองจะทำหน้าที่เป็นคอนเดนเซอร์อย่างเดียว ณัฐ วรยศ และคณะ (2545) ศึกษาความเป็นไปได้ในการกลั่นเอทานอลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์โดยอาศัยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบซึ่งมีสองประเภท คือ ระบบที่ใช้เทคนิคการกลั่นแบบแบ่งครั้งชั้นเดียว และแบบต่อเนื่อง โดยอาศัยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบ ตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ที่ใช้เป็นแบบท่อสุญญากาศ และผลจากการคำนวณแบบจำลองชี้ให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการนำความร้อนที่ได้จากพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในการกลั่นเอทานอล และตัวแปรที่มีผลต่ออัตราการกลั่นของระบบกลั่นแบบแบ่งครั้งชั้นเดียวคือ ขนาดพื้นที่รับรังสีของตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ อุณหภูมิและปริมาณของสารละลายที่ป้อน ความเข้มข้นของสารละลายที่ป้อนและสารละลายที่กลั่นตัว และราคาการกลั่นจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารละลายผลผลิต ส่วนแบบจำลองของระบบกลั่นแบบต่อเนื่องที่ใช้หอกลั่นสามชั้น พบว่า สามารถในการเพิ่มความเข้มข้นที่สูงมากกว่า 40 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และตัวแปรที่มีผลต่อการกลั่นของระบบนี้คือ อุณหภูมิ ความเข้มข้นและอัตราการป้อนของสารละลายป้อน ขนาดพื้นที่รับรังสีของตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ และความเข้มข้นของสารละลายที่กลั่นตัว และอัตราการผลิตจะขึ้นอยู่กับอัตราการป้อนสารละลาย ธีระพงษ์ ว่องรัตนะไพศาล และคณะ (2546) ศึกษาการกลั่นเอทานอลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ โดยพิจารณาหาชนิดของตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ที่เหมาะสมสำหรับการกลั่นจากตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ 3 ชนิด คือตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แบบท่อสุญญากาศชนิดท่อแก้วขนาด 3.6 ตารางเมตรและชนิดท่อความร้อนขนาด 3.6 ตารางเมตร และตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบขนาด 4 ตารางเมตร กลั่นโดยใช้เทคนิคการกลั่นแบบเติมสารครั้งเดียว ใช้หม้อต้มขนาดความจุไม่เกิน 50 ลิตร (แบบไม่มีรีฟลักซ์และหอกลั่น) ผลการศึกษาพบว่าประสิทธิภาพในการถ่ายเทความร้อนแก่สารทำงานของตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศชนิดท่อแก้วมีค่ามากที่สุด ตามด้วยแบบแผ่นเรียบและแบบท่อสุญญากาศชนิดท่อความร้อนตามลำดับ และเมื่อกลั่นเอทานอลความเข้มข้นเริ่มต้น 10 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรโดยใช้ตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศชนิดท่อแก้ว (หม้อต้มขนาด 30 ลิตร) สามารถกลั่นเอทานอลได้ 1,652 ลิตร/ปี ความเข้มข้นเฉลี่ย 45 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร โดยมีต้นทุนการกลั่น 4.32 บาท/ลิตร พรประสิทธิ์ คงบุญ (2546) พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับทำนายผลการกลั่นเอทานอลด้วยตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์แบบท่อความร้อนเทียบกับผลการการทดลอง ระบบกลั่นที่ศึกษามีสองระบบ คือ ระบบกลั่นแบบเติมสารครั้งเดียวและแบบเติมสารอย่างต่อเนื่อง ผลจากการศึกษาพบว่าค่าที่ได้จากแบบจำลองและค่าที่ได้จากการทดลองมีค่าใกล้เคียงกันโดยมีค่าแตกต่างกันไม่เกินร้อยละ 15 และจากการใช้แบบจำลองทำนายผลการกลั่นเอทานอลที่มีความเข้มข้นตั้งต้น 10 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ภายใต้สภาวะภูมิอากาศของจังหวัดเชียงใหม่พบว่าระบบกลั่นแบบเติมสารครั้งเดียวสามารถกลั่นเอทานอลได้สูงสุดเท่ากับ 1,396.96 ลิตรต่อปี ความเข้มข้นที่กลั่นได้เท่ากับ 42.37 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร มีต้นทุนการกลั่นอยู่ที่ 6.63 บาทต่อลิตร และระบบกลั่นแบบเติมสารอย่างต่อเนื่องสามารถกลั่นเอทานอลได้สูงสุดเท่ากับ 1,679.75 ลิตรต่อปี ความเข้มข้นที่กลั่นได้เท่ากับ 39.53 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร มีต้นทุนการกลั่นอยู่ที่ 5.69 บาทต่อลิตร

จากงานวิจัยที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่า ได้มีผู้วิจัยเกี่ยวกับการกลั่นเอทานอลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ทำการศึกษาโดยใช้เทคนิคในการกลั่นที่แตกต่างกันออกไป ไม่ว่าจะเป็นการใช้เครื่องกลั่นแบบอ่างการกลั่นโดยอาศัยตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ ซึ่งจะมีทั้งแบบที่ใช้หอกลั่นและไม่ใช้หอกลั่น หรือแม้แต่การกลั่นภายใต้ความดันต่ำบ้าง และผลการวิจัยที่ได้ออกมาพอสรุปได้ว่า การกลั่นเอทานอลแบบที่อาศัยตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์จะได้เอทานอลที่มีค่าความเข้มข้นค่อนข้างสูงกว่าแบบอื่น ๆ ดังนั้นในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงเลือกที่จะใช้ระบบกลั่นที่อาศัยตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ โดยจะนำตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบมาใช้ร่วมกับเทคนิคการกลั่นแบบใหม่ที่เรียกว่า "เทคนิคบับเบิ้ลปั๊ม" (Bubble pump technique) เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบกลั่นเอทานอลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ให้มีสมรรถนะในการกลั่นที่สูงขึ้นต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา**

1.3.1 เพื่อทำการศึกษาผลของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีต่อความเข้มข้นและอัตราการกลั่นของระบบกลั่นเอทานอลด้วยเทคนิคบับเบิ้ลปั๊ม ได้แก่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของท่อ ความสูงของท่อ และปริมาณความร้อนที่ได้รับ

1.3.2 เพื่อทำการศึกษาการกลั่นเอทานอลด้วยเทคนิคบับเบิ้ลปั๊มโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานไฟฟ้า

1.3.3 เพื่อประเมินหาต้นทุนที่ใช้ในการกลั่นเอทานอลด้วยเทคนิคบับเบิ้ลปั๊มโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานไฟฟ้า

**1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการศึกษา**

1.4.1 ทราบถึงผลของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีต่อสมรรถนะของระบบการกลั่นเอทานอลด้วยเทคนิคบับเบิ้ลปั๊ม ได้แก่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงของท่อบับเบิ้ลปั๊ม ปริมาณความร้อนที่ได้รับ

1.4.2 ทราบถึงต้นทุนและความสามารถในการกลั่นเอทานอลด้วยเทคนิคบับเบิ้ลปั๊มโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานไฟฟ้า

1.4.3 ข้อมูลที่ได้สามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาระบบกลั่นเอทานอลโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในระบบที่ใหญ่ขึ้นต่อไป

**1.5 ขอบเขตของการศึกษา**

1.5.1 สารละลายเอทานอลที่ใช้ทดสอบได้จากการผสมระหว่างเอทานอล 99.8 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตรกับน้ำกลั่นเพื่อให้ได้สารละลายเอทานอลที่มีความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร

1.5.2 ตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ที่ใช้เป็นแบบแผ่นเรียบ ขนาดพื้นที่ 2.0 ตารางเมตร

1.5.3 ดำเนินการทดสอบกลั่นเอทานอลภายใต้สภาวะภูมิอากาศของจังหวัดเชียงใหม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved