บุญประดับ แดงประดับ : การศึกษาการผลิตเอทิลแล็กเตทจากแม็กนีเซียมแล็กเตทที่ได้จากการหมักโดยกระบวนการกลั่นแบบมีปฏิกิริยา (STUDY OF ETHYL LACTATE PRODUCTION FROM FERMENTATION-DERIVED MAGNESIUM LACTATE BY REACTIVE DISTILLATION) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พนารัตน์ รัตนพานี, 262 หน้า.

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตเอทิลแล็กเตท โดยกระบวนการกลั่นแบบมีปฏิกิริยาที่ใช้แม็กนีเซียมแล็กเตทจากการหมักเป็นสารตั้งต้นโดยตรง การดำเนินการศึกษาวิจัยแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วนหลัก ส่วนแรกคือการศึกษาจลนพลศาสตร์ของปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันระหว่างเอทานอลกับกรดแล็กติกในสารละลายแม็กนีเซียมแล็กเตทโดยใช้กรดซัลฟูริกเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเอกพันธ์ ตัวแปรในการศึกษาได้แก่ อุณหภูมิของปฏิกิริยา อัตราส่วนโดยโมลเริ่มต้นระหว่างเอทานอลต่อกรดแล็กติก และความเข้มข้นของตัวเร่งปฏิกิริยาในระบบ ขั้นตอนนี้ใช้แบบจำลองสัมประสิทธิ์แอกติวิตี UNIQUAC และ UNIFAC ในการแสดงความไม่เป็นอุดมคติของสารละลายในปฏิกิริยาและเปรียบเทียบผลการศึกษาที่ได้กับจลนพลศาสตร์ของปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันระหว่างเอทานอลกับกรดแล็กติกความบริสุทธิ์สูง ผลการศึกษาพบว่าปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันที่ใช้แม็กนีเซียมแล็กเตทเป็นสารตั้งต้นนั้น มีค่าคงที่ของปฏิกิริยาและค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยาต่ำกว่า และมีความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าคงที่ทั้งสองที่ได้จากการทดลองและจากการคำนวณสูงกว่าปฏิกิริยาที่ใช้กรดแล็กติกความบริสุทธิ์สูงเป็นสารตั้งต้น ซึ่งน่าจะมีสาเหตุจากการมีแม็กนีเซียมซัลเฟตที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างแม็กนีเซียมแล็กเตทกับกรดซัลฟูริกอยู่ในระบบ

การศึกษาวิจัยส่วนที่สองคือการออกแบบเบื้องต้น การจำลอง และการหาสภาวะที่เหมาะสมของกระบวนการกลั่นแบบมีปฏิกิริยาเพื่อผลิตเอทิลแล็กเตทด้วยโปรแกรม Aspen Plus โดยศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต 2 แบบที่มีความสามารถในการผลิตเริ่มต้นที่ 50 ลิตรของน้ำหมักในหนึ่งวัน ในกระบวนการแบบแรก (กระบวนการ A) เอทิลแล็กเตทที่ผลิตได้ถูกเก็บเป็นผลิตภัณฑ์ที่ด้านบนของหอกลั่นแบบมีปฏิกิริยา ขณะที่ในกระบวนการแบบที่สอง (กระบวนการ B) เอทิลแล็กเตทเป็นผลิตภัณฑ์ที่ด้านล่างของหอดังกล่าว ผลการศึกษาพบว่ากระบวนการ A มีอัตราการผลิตและผลได้ของเอทิลแล็กเตทสูงกว่ากระบวนการ B แต่กระบวนการ B ให้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายเป็นสารละลายเอทิลแล็กเตทที่มีความเข้มข้นสูงกว่า และใช้จำนวนหอกลั่นลำดับส่วนและปริมาณความร้อนในกระบวนการผลิตน้อยกว่ากระบวนการ A

การศึกษาวิจัยส่วนสุดท้ายคือการประเมินต้นทุนการผลิตเอทิลแล็กเตทของกระบวนการผลิตที่ออกแบบไว้ในการศึกษาส่วนที่สองที่มีความสามารถในการผลิตที่ 50 ลิตรของน้ำหมักในหนึ่งวันเท่ากัน ต้นทุนทั้งหมดในการลงทุนสามารถคำนวณด้วยวิธี Percentage delivered-equipment cost ซึ่งพิจารณาค่าใช้จ่ายในการลงทุนต่างๆเป็นสัดส่วนกับค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อหน่วยปฏิบัติการของกระบวนการผลิตที่ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสหสัมพันธ์ของ Guthire สำหรับต้นทุนการดำเนินงานของกระบวนการผลิตพิจารณาจากค่าวัตถุดิบและต้นทุนในส่วนของพลังที่ใช้ในกระบวนการผลิตเป็นหลัก ค่าใช้จ่ายในการผลิตรายปีคำนวณได้จากต้นทุนการดำเนินงานของกระบวนการผลิตที่พิจารณาจากค่าวัตถุดิบและต้นทุนในส่วนของพลังงานที่ใช้ในกระบวนการผลิตและค่าต้นทุนการลงทุนโดยตรงของกระบวนการผลิต ผลการศึกษาในส่วนนี้แสดงให้เห็นว่า แม้กระบวนการ A จะมีต้นทุนการดำเนินงานและต้นทุนในการลงทุนสูงกว่ากระบวนการ B แต่กลับมีต้นทุนการผลิตต่อหน่วยเอทิลแล็กเตทของกระบวนการ A กลับต่ำกว่า กล่าวคือกระบวนการ A มีต้นทุนการผลิตอยู่ที่ 767.74 บาทต่อกิโลกรัมของเอทิลแล็กเตท ขณะที่ต้นทุนการผลิตของกระบวนการ B อยู่ที่ 833.45 บาทต่อกิโลกรัมเอทิลแล็กเตท สาเหตุหลักเนื่องมาจากกระบวนการ A มีอัตราการผลิตเอทิลแล็กเตทสูงกว่า

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่อนักศึกษา _____

ปีการศึกษา 2557 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

BOONPRADAB DAENGPRADAB : STUDY OF ETHYL LACTATE PRODUCTION FROM FERMENTATION-DERIVED MAGNESIUM LACTATE BY REACTIVE DISTILLATION. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. PANARAT RATTANAPHANEE, Ph.D., 262 PP.

ETHYL LACTATE/MAGNESIUM LACTATE/ESTERIFICATION/REACTIVE DISTILLATION/COST ANALYSIS

In this study, feasibility study of ethyl lactate synthesis via reactive distillation process using fermentation-derived magnesium lactate directly as a starting material was investigated. The study was divided into 3 parts. The first part was a kinetic study of esterification between ethanol and lactic acid in magnesium lactate solution using sulfuric acid as a homogeneous catalyst. Variables of interest were reaction temperature, molar ratio of ethanol to lactic acid, and concentration of the catalyst in the system. Non-idealities of the components in the reaction solution were represented by UNIQUAC and UNIFAC activity coefficient model. The results obtained were compared with kinetics of esterification between ethanol and high purity lactic acid. It was found that reaction rate constant and equilibrium constant of the reaction using magnesium lactate as a reactant were lower than those obtained from the reaction on high purity lactic acid. Larger deviation between the experimental and calculated kinetic parameters was observed in the reaction with magnesium lactate, which could likely be due to a presence of magnesium sulfate, a product from the reaction between magnesium lactate and sulfuric acid in the system.

The second part of this thesis was a preliminary design, simulation and optimization of the reactive distillation process for production of ethyl lactate using Aspen Plus. Efficiencies of two process schemes with capacity of 50 L fermentation broth per day were evaluated and compared. In the first scheme (Process A), the produced ethyl lactate was harvested at the top of the reactive distillation column. In the second process (Process B), on the other hand, it was collected at the bottom of the reactive distillation column. It was found that Process A gave higher production rate and yield of ethyl lactate, but the final ethyl lactate solution obtained from Process B was of higher concentration. In addition, the number of fractional distillation columns required to purify ethyl lactate, hence amount of energy required, in Process B was less than that required in Process A.

The last part of this thesis dealt with estimation of ethyl lactate production cost using both processes designed in the second part with the same capacity of 50 L/day of broth. Total capital cost was calculated by percentage delivered-equipment cost method which considers other expenses as the percentage of purchased equipment cost calculated by Guthire's correlation. Annual production cost was estimated by the operating costs, which were mainly consisted of the raw material and utility costs, and the fixed-capital cost. The production cost of ethyl lactate from Process A was 767.74 THB/$kg_{ethyl\ lactate}$, while that from Process B was 833.45 THB/$kg_{ethyl\ lactate}$. It should be noted that Process A had higher annual production cost and capital cost than Process B. The lower ethyl lactate production cost obtained from Process A was, therefore, likely due to its higher production rate compared to the one given by Process B.

School of Chemical Engineering Student's Signature_____

Academic Year 2014 Advisor's Signature_____