การวิเคราะห์ต้นทุนการสกัดไขอ้อยจากกากหม้อกรองด้วยการสกัดเร่งด้วยสารละลายด้วย แอสเพน พลัส

Cost analysis of accelerated solvent extraction of sugarcane wax from pressmud using Aspen plus®

เจนวิทย์ อภิรักษ์อร่ามวง และ วันวิสาข์ สกลภาพ*

Janwit Apirukaramwong and Wanwisa Skolpap

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี กลุ่มวิจัยวิศวกรรมชีวเวช คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (ศูนย์รังสิต) จังหวัดปทุมธานี 12120

บทคัดย่อ

จากนโยบายด้านการเกษตรของรัฐบาลไทยที่สนับสนุนเกษตรกรให้ปลูกพืชเศรษฐกิจ ส่งผลให้ผลผลิตอ้อยที่ใช้ในอุตสาหกรรมน้ำตาลมีปริมาณสูงขึ้น ทำให้เกิดผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมน้ำตาลเพิ่มขึ้นตาม เช่น กากน้ำตาล กากอ้อย และกากหม้อกรอง ซึ่งกากหม้อกรอง คือ ของแข็งชนิดหนึ่งที่มีไขอ้อยเป็นผลผลิตจากกระบวนการทำน้ำอ้อยให้มีความบริสุทธิ์โดยการสกัดด้วยตัวทำละลาย งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราการป้อนกากหม้อกรองที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการสกัดโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายในสภาวะเร่ง (Accelerated solvent extraction) เพื่อลดต้นทุนรวม การประเมินต้นทุนโดยการใช้ เครื่องมือการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ในโปรแกรมแอสเพน พลัส (Aspen process economic analyzer□) โดยกำหนดอัตราการป้อน 100 กก./ชม. เป็นกรณีฐาน เมื่อทำการลดอัตราการป้อนเป็น 80 กก./ชม. พบว่าเงินลงทุนเริ่มต้น ค่าเครื่องจักรและอุปกรณ์รวมค่าติดตั้ง ลดลง 0.26% ค่าแรงงานลดลง 1.54% ค่าสาธารณูปโภคลดลง 0.15% และค่าวัตถุดิบลดลง 6.4% เมื่อกำหนดอัตราการป้อนเท่ากับ 90 กก./ชม. พบว่าเงินลงทุนเริ่มต้น ค่าเครื่องจักรและอุปกรณ์รวมค่าติดตั้ง ลดลง 0.49% ค่าแรงงานลดลง 5.25% ค่าสาธารณูปโภคลดลง 6.62% และค่าวัตถุดิบลดลง 12.8% จากการศึกษาพบว่าอัตราการป้อนที่เหมาะสมของกากหม้อกรองเท่ากับ 90 กก./ชม. โดยให้ต้นทุนรวมขั้นต่ำและราคาขาย ณ จุดคุ้มทุนของไขอ้อยที่คำนวณได้ในแต่ละช่วงเวลาการลงทุน 3 ปี 5 ปี และ 7 ปี เท่ากับ 11,042.98, 9,569.05, และ 8,952.78 บาท/กิโลกรัม ตามลำดับเปรียบเทียบกับราคาตลาดของสินค้าอยู่ระหว่าง 650.00 ถึง 36,800.00 บาท/กิโลกรัม โดยขึ้นอยู่กับความบริสุทธิ์ของผลิตภัณฑ์

คำสำคัญ: กระบวนการสกัดโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายในสภาวะเร่ง ไขอ้อย อัตราป้อนกากหม้อกรองที่เหมาะสม ต้นทุนการสกัด

Abstract

Due to Thai government policy to encourage farmers to grow economic crops, sugarcane yields have been increased resulting in increased by-product of the sugar industry such as molasses, bagasse and press mud. Press mud or filter cake, solid residues from cane juice clarification step, contains wax which is recovered by solvent extraction. The purpose of this study is to determine suitable press mud feed rate introduced into accelerated solvent extraction process for minimizing total cost. The cost estimation is performed using Aspen process economic analyzer□. The pressmud feed rate was decreased from 100 kg/h to 80 kg/h causing reduction in capital cost include equipment and installation cost by 0.26% and reduction in labor cost and utility cost by 1.54% and 0.15% and reduction in raw material cost by 6.4%, and when the pressmud feed rate was decreased from 100 kg/h to 90 kg/h causing reduction in capital cost include equipment and installation cost by 0.49% and reduction in labor cost and utility cost by 5.25% and 6.62% and reduction in raw material cost by 12.8%. After the suitable feed rate of press mud of 90 kg/h is selected by providing minimum total cost, the calculated breakeven sales price of sugarcane wax is 11,042.98, 9,569.05 and 8,952.78 baht/kg for 3-year, 5-year, and 7-year investment, respectively. These calculated prices are in the range of its variable market sales price between 650 to 36,800 baht/kg based on wax purity.

Keyword: Accelerated solvent extraction, sugarcane wax, optimal press mud feed rate, minimum total cost

1. บทนำ

ไขอ้อย เป็นผลิตภัณฑ์ที่มูลค่าทางการตลาดที่ค่อนข้างสูง โดยเฉพาะไขอ้อยที่มีความบริสุทธิ์สูงจะถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมยา และเวชสำอาง แต่ก่อนจะมาเป็นไขอ้อยนั้น วัตถุดิบที่นำมาทำการผลิตถือว่าเป็นของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตน้ำตาล(1) คือ กากหม้อกรองซึ่งประเทศไทยถือว่าเป็นประเทศที่มีการผลิตน้ำตาลเป็นอันดับต้นๆ ของโลก ส่งผลให้กากหม้อกรองที่ได้จากกระบวนการมีสูงขึ้นตามไปด้วย ในปัจจุบันพบว่าโรงงานน้ำตาลส่วนใหญ่จัดกากหม้อกรองน้ำตาลนี้อยู่ในประเภทของของเสียจากกระบวนการผลิต และโดยส่วนมากจะทำการแจกจ่ายให้กับเกษตรกรในพื้นที่เพื่อนำไปเป็นปุ๋ยให้แก่พืช แต่หากนำมาพิจารณาองค์ประกอบทางเคมีจะพบว่าในกากหม้อกรองน้ำตาลมีสารที่เป็นที่ต้องการของอุตสาหกรรมยาและเวชสำอาง คือ สารโพลิโคซานอล(2-4)

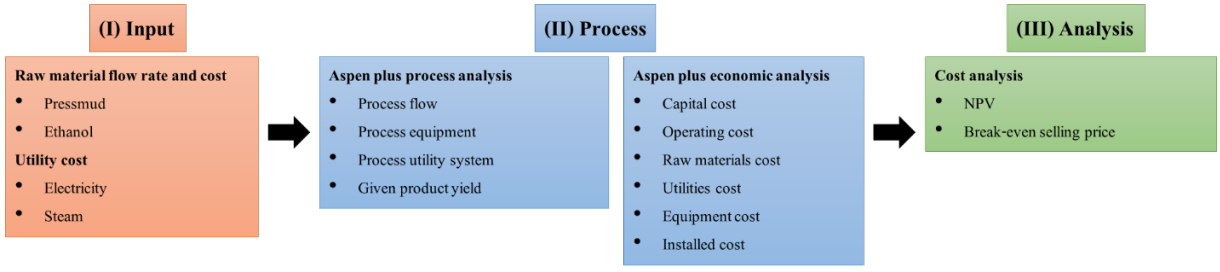
การสกัดไขอ้อยในปัจจุบัน มีวิธีการที่ได้ผลผลิตสูงอยู่ 4 วิธี ได้แก่ การสกัดด้วยคลื่นไมโครเวฟ (Microwave-assisted extraction), การสกัดด้วยคลื่นอันตราโซนิก (Ultrasonic – assisted extraction), การสกัดด้วยของไหลวิกฤติยิ่งยวด (Supercritical fluid extraction)(5) และการสกัดเร่งด้วยสารละลาย (Accelerate solvent extraction) จากผลการวิจัย (6)ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการเพิ่มความดันในกระบวนการสกัดที่ส่งผลต่อขนาดของโรงงานและต้นทุนในการผลิตพบว่าต้นทุนในการผลิตที่ต่ำที่สุดเท่ากับ 5.52 ดอลล่าสหรัฐ/กก. โดยขนาดของกระบวนการเท่ากับ 4 ตารางเมตร อุณหภูมิของกระบวนการเท่ากับ 40 องศาเซลเซียส และความดันเท่ากับ 50 MPa ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนตัวแปรในกระบวนการผลิตจะสามารถคำนวณจุดคุ้มทุนการผลิตได้และยังได้มีการศึกษาเกี่ยวกับการสกัดไขจากแอปเปิ้ลด้วยเทคนิคของเหลวยิ่งยวด(7) ที่ได้ผลลัพธ์จากการผลิตสูงถึง 95% โดยทำการสกัดภายใต้สารละลายโคโลฟรอม (Chloroform) และอะซิโตน (Acetone) ในกระบวนการภายใต้การแยกตัวของเหลวก่อนการสกัด (Pre-homogenize) เป็นเวลา 30 นาที รสจเรสและคณะ(8)ได้ทำการศึกษาเพื่อทำการปรับปรุงกระบวนการการสกัดไขอ้อยจากกากหม้อเพื่อเปรียบเทียบวิธีการสกัดที่เหมาะสมและให้ผลผลิตสูงที่สุด โดยทำการศึกษาเปรียบเทียบกระบวนการสกัดสารด้วยของไหลวิกฤตยิ่งยวด(Supercritical fluid extraction – SFE) กับกระบวนการสกัดโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายในสภาวะเร่ง (Accelerated solvent extraction) พบว่ากระบวนการสกัดโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายในสภาวะเร่งสามารถให้ผลผลิตสูงถึง 13.32% ซึ่งสูงกว่าการสกัดสารด้วยของไหลวิกฤตยิ่งยวด ซึ่งให้ผลผลิตเพียง 5.46% จากข้อมูลข้างต้นทำให้เห็นได้ว่าการสกัดไขจากผลผลิตทางธรรมชาติในปัจจุบันมีแนวโน้มที่จะได้ผลผลิตที่สูงขึ้นตามเทคโนโลยีในการสกัด ดังนั้น การนำของเสียที่ไม่มีมูลค่าจากกระบวนการผลิตน้ำตาลมาเพิ่มมูลค่าจึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้ เพื่อประเมินความคุ้มค่าในการลงทุนโดยอาศัยหลักการทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม เพื่อช่วยในการตัดสินใจลงทุนในลำดับถัดไป

งานวิจัยฉบับนี้จะทำการศึกษาการเพิ่มขนาดของกระบวนการผลิตจากในระดับทดลองเป็นระดับอุตสาหกรรม โดยใช้กระบวนการสกัดแบบการสกัดโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายในสภาวะเร่ง (Accelerated solvent extraction) เนื่องจากเป็นกระบวนการที่มีผลผลิตสูงในการสกัดไขอ้อย [8] และทำการเปลี่ยนอัตราการป้อนเพื่อพิจารณาต้นทุนที่มีความเกี่ยวข้องทั้งหมดในกระบวนการการสกัดไขอ้อยโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายในสภาวะเร่ง (Accelerated solvent extraction) และอาศัยเครื่องมือการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ในโปรแกรม แอสเพน พลัส (Aspen process economic analyzer□) เทียบกับผลผลิตที่ได้จากกระบวนการเพื่อคำนวณหาอัตราการป้อนที่เหมาะสมและทำให้ได้ต้นทุนการผลิตที่คุ้มค่าที่สุด หลังจากนั้น จะคำนวนหาจุดคุ้มทุนของกระบวนการเพื่อกำหนดราคาขาย ณ จุดคุ้มทุนสำหรับอัตราการป้อนกากหม้อกรองที่เหมาะสมกับกระบวนการ

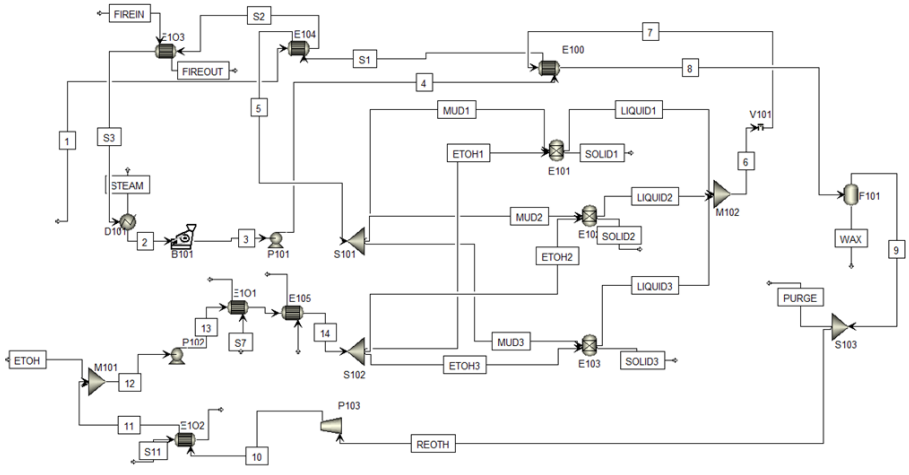
2. วิธีการการวิจัย

จากแผนผังรูปที่ 1 แสดงกระบวนการทำงานจะสามารถแบ่งขั้นตอนการทำงานออกเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้ (I) การป้อนเข้าสู่กระบวนการ (Input), (II) การจำลองกระบวนการ

การสกัดไขอ้อย (Process) และ (III) การวิเคราะห์ต้นทุนของกระบวนการ (Analysis) มีรายละเอียดดังนี้ การป้อนเข้าสู่กระบวนการ (Input) โดยในกระบวนการนี้จะสามารถแยกออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ วัตถุดิบที่ใช้ใน



รูปที่ 1 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการทำงาน



รูปที่ 2 กระบวนการที่ออกแบบสำหรับการสกัด

กระบวนการสกัด ประกอบด้วยกากหม้อกรอง, เอทานอลที่ใช้สำหรับการทำละลาย และสาธารณูปโภคที่จำเป็นในกระบวนการ ประกอบด้วยค่าไฟฟ้า และค่าไอน้ำแรงดันสูง

ในการจำลองการสกัดไขอ้อยจากกากหม้อกรองโดยอาศัยโปรแกรม Aspen Plus® เพื่อหาต้นทุนที่เกี่ยวข้องในกระบวนการสกัดไขอ้อย ได้แก่ เงินลงทุนเริ่มต้น(บาท), ค่าเครื่องจักรและอุปกรณ์(บาท), ค่าติดตั้งอุปกรณ์(บาท), ค่าแรงงาน(บาท/ปี) โดยรายละเอียดค่าใช้จ่ายแสดงในตารางที่ 3 กำหนดให้ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเมื่ออัตราการป้อนกากหม้อกรองเท่ากับ 100 กก./ชม. เป็นกรณีฐาน จากนั้นทำการลดอัตราการป้อน (80 และ 90 กก./ชม.) เพื่อหาช่วงที่มีแนวโน้มในการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ จากนั้นจะทำการวิเคราะห์อัตราการป้อนในช่วงนั้นอย่างละเอียดเพื่อใช้ในการคำนวณในขั้นถัดไป

รหัสของกระแสในกระบวนการ

1= กากหม้อกรองจากโรงงานน้ำตาล; S1, S2, S3 = กากหม้อกรองที่เหลือหลังจากผ่านสกัดแล้ว; 4, 5, 6, 7 = ของผสมระหว่างไขอ้อยกับเอทานอล ; 9, 10, 11 = เอทานอลที่นำกลับมาใช้ใหม่; S7= ไอน้ำแรงดันสูงใช้ในการให้ความร้อนกับเอทานอล; S11 = น้ำที่ใช้สำหรับแลกเปลี่ยนความร้อนหลังจากเอทานอลถูกส่งกลับมา; ETOH = เอทานอล; WAX = ไขอ้อยที่สกัดได้

กระบวนการสกัดไขอ้อยจากกากหม้อกรองน้ำตาลแบบเร่งด้วยสารละลายเริ่มต้นด้วยการป้อนกากหม้อกรองเข้าสู่กระบวนการผลิตโดยใช้อัตราการป้อนเท่ากับ 100 กก./ชม. (กรณีฐาน) โดยกากหม้อกรองจะอยู่ในอุณหภูมิปกติตามสภาพอากาศ (ค่าที่ใช้ในการวิเคราะห์ เท่ากับ 25 องศาเซลเซียส) กากหม้อกรองจะถูกลำเลียงเข้าสู่กระบวนการโดยการให้ความร้อนเพื่อให้เกิดการอ่อนตัวโดยใช้เครื่องทำความร้อน (Heater, E104) จากนั้นกากหม้อกรองทั้งหมดจะถูกบดให้ละเอียดโดยใช้เครื่องบดแบบโรตารี่ (B101) เพื่อให้ได้กากหม้อกรองบดละเอียดสำหรับใช้ในการผสมกับตัวทำละลายในกระบวนการถัดไป

ในส่วนเอทานอลที่เป็นสารทำละลายจะมีอัตราการป้อนที่ 120 กก./ชม. และอุณหภูมิเริ่มต้นเท่ากับ 25 องศาเซลเซียสโดยถูกส่งผ่านเครื่องทำความร้อนเพื่อเตรียมส่งเข้าสู่กระบวนการการผสมในขั้นตอนถัดไป เมื่อวัตถุดิบตั้งต้นทั้งกากหม้อกรองน้ำตาลและเอทานอลถูกลำเลียงมายังเครื่องผสม (Mixer, S101, S102) เครื่องผสมจะทำการตีส่วนผสมจนเข้ากันและส่งเข้าสู่กระบวนการสกัดโดยใช้อุปกรณ์การสกัด (Vessel, E101, E102, E103) โดยในขั้นตอนนี้จะทำการสกัดโดยควบคุมอุณหภูมิให้เท่ากับ 100 องศาเซลเซียสและความดันเท่ากับ 100 บาร์ จากนั้นเครื่องสกัดจะทำการแยกกากที่ไม่มีส่วนผสมของไขอ้อยออกมาในลักษณะของแข็ง โดยในสภาวะนี้ไขอ้อยจะปนอยู่กับเอทานอลในรูปของผสมและถูกส่งต่อไปยังกระบวนการแยกไขอ้อยออกจากเอทานอลโดยมีการให้ความร้อนด้วยเครื่องทำความร้อน (Heater, E100) เพื่อป้องกันการแข็งตัวของไขอ้อยและถูกป้อนเข้าเครื่อง Flash Column (F101) ในขั้นตอนนี้อุณหภูมิจะถูกลดลงมาที่ 70 องศาเซลเซียส และความดันจะอยู่ที่ 0.05 บาร์ ทำให้ไขอ้อยกับเอทานอลแยกชั้นกัน โดยเอทานอลจะเปลี่ยนสถานะเป็นไอและระเหยออกทางด้านบนและจะเหลือไขอ้อยเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการเอทานอลที่ระเหยออกจะรวมกันในเครื่องแยก (SPLITTERS, S103) เพื่อแยกสิ่งปนเปื้อน จากนั้นทำการเปลี่ยนสถานะกลับมาเป็นของเหลวด้วยคอมเพรอเซอร์ (P103) และเพิ่มอุณหภูมิด้วยเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger, E1O2) จากนั้นเอทานอลจะถูกวนกลับมาใช้ใหม่ในกระบวนการต่อไป

ตารางที่1 รหัสและชนิดอุปกรณ์ที่เลือกใช้ในโปรแกรม Aspen Plus® ของกระบวนการสกัดไขอ้อยจากกากหม้อกรองโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย

Equipment Code	ชนิดของอุปกรณ์	ชนิดอุปกรณ์ที่เลือกจาก Aspen Plus® 9.0
B101	CRUSHER	ROTARY CRUSHER
D101-FLASH VESSEL	VESSEL	VERTICAL PROCESS VESSEL
E100	HEATER	A-FRAME TYPE PROCESS FURNACE
E101	VESSEL	VERTICAL PROCESS VESSEL
E102	VESSEL	VERTICAL PROCESS VESSEL
E103	VESSEL	VERTICAL PROCESS VESSEL
E104	HEATER	A-FRAME TYPE PROCESS FURNACE
E105	HEATER	BOX TYPE PROCESS FURNACE
E1O1	HEATER	A-FRAME TYPE PROCESS FURNACE
E1O2	HEAT EXCHANGER	A-FRAME TYPE PROCESS FURNACE
E1O3	HEATER	A-FRAME TYPE PROCESS FURNACE
F101-FLASH VESSEL	VESSEL	VERTICAL PROCESS VESSEL
M101	MIXER	MIXER
M102	MIXER	MIXER
P103	COMPRESSOR	CENTRIFUGAL COMPRESSOR - HORIZONTAL
S101	SPLITTERS	SPLITTERS
S102	SPLITTERS	SPLITTERS
S103	SPLITTERS	SPLITTERS
V101	VALVE	VALVE

ในการจำลองกระบวนการสกัดสำหรับกรณีฐานใช้อัตราป้อนกากหม้อกรองเท่ากับ 100 กก./ชม. เมื่อกำหนดให้ต้นทุนวัตถุดิบและค่าสาธารณูปโภค ดังตารางที่ 2 จากนั้นศึกษาผลของอัตราป้อน (80, 90 และ 100 กก./ชม.) ที่มีต่อต้นทุน

ตารางที่ 2 ต้นทุนวัตถุดิบและค่าสาธารณูปโภค

รายการ	บาทต่อหน่วย
กากหม้อกรอง	1,206.08 บาท/ตัน
เอทานอล	14.72 บาท /ลิตร
ไฟฟ้า	74.56 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ไอน้ำแรงดันสูง	2,739.84 บาท/กก.

เมื่อนำต้นทุนทั้งหมดมาคำนวณเพื่อหาราคาขายไขอ้อย ณ จุดคุ้มทุนนั่นคือมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present value, NPV) เท่ากับศูนย์

$$\text{NPV} = \sum_{n=1}^{T} \frac{\pi_t}{(1+\delta)^n} - K \quad (1)$$

เมื่อ T = ระยะเวลาในการลงทุน 3, 5, 7 ปี

$$K = C_c + C_e + C_i \quad (2)$$

$$\pi = (M * P_s) - (C_o + C_m + C_u) \quad (3)$$

Q = ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการผลิต (กก./ปี)

P_s = ราคาขาย (บาท/กก.)

C_c = เงินลงทุนเริ่มต้น (บาท) (แสดงในตารางที่ 3)

C_e = ค่าเครื่องจักรและอุปกรณ์ (บาท) (แสดงในตารางที่ 3)

C_i = ค่าติดตั้งอุปกรณ์ (บาท) (แสดงในตารางที่ 3)

C_o = ค่าแรงคนงาน (บาท/ปี) (แสดงในตารางที่ 3)

C_m = ค่าวัตถุดิบ (บาท/ปี) (แสดงในตารางที่ 3)

C_u = ค่าสาธารณูปโภค (บาท/ปี) (แสดงในตารางที่ 3)

δ = ดอกเบี้ย =12.99%/ปี(9)

n = ระยะเวลาลงทุน (ปี)

3.ผลการทดลอง

ต้นทุนจากการศึกษากรณีฐาน (แสดงในตารางที่ 3) เมื่อกำหนดอัตราการป้อนเท่ากับ 100 กก./ชม. โดยในส่วนของการสกัดใน 1 รอบจะในเวลาเท่ากับ 1ชั่วโมง และใช้เวลาในการทำความสะอาดเพื่อเตรียมการสกัดครั้งถัดไป 1 ชั่วโมง จึงสามารถคำนวณจากชั่วโมงการสกัดไขอ้อยได้เท่ากับ 12 ตารางที่ 3 ผลของอัตราการป้อนกากหม้อกรองที่มีต่อต้นทุน ชม./วัน โดยทำงาน 350 วัน/ปี ดังนั้น ชั่วโมงการทำงานต่อปีจะเท่ากับ 4,200 ชม./ปี

จากกระบวนการสกัดไขอ้อย พบว่าไขอ้อยที่ผลิตได้จากกระบวนการเท่ากับ 37,741.32 กก./ปี โดยมีต้นทุนของกระบวนการดังนี้ เงินลงทุนเริ่มต้นเท่ากับ 243.0 ล้านบาท, ค่าแรง เท่ากับ 148.2 ล้านบาท/ปี, ค่าวัตถุดิบเท่ากับ 32.3 ล้านบาท/ปี และค่าสาธารณูปโภคเท่ากับ 46.4 ล้านบาท/ปี

เมื่อทำการลดอัตราการป้อนของกระบวนการเท่ากับ 90 กก./ชม. พบว่าไขอ้อยที่ได้จากกระบวนการเท่ากับ 33,942.87 กก./ปี โดยต้นทุนลดลงดังนี้ เงินลงทุนเริ่มต้นเท่ากับ 242.2 ล้านบาท ลดลง 0.26%, ค่าแรงเท่ากับ 145.9 ล้านบาท/ปี ลดลง 1.54%, ต้นทุนค่าวัตถุดิบเท่ากับ 30.2 ล้านบาท/ปี ลดลง 6.4% และต้นทุนค่าสาธารณูปโภคเท่ากับ 46.3 ล้านบาท/ปี ลดลง 0.15% เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีฐาน

เมื่อลดอัตราการป้อนให้เท่ากับ 80 กก./ชั่วโมง พบว่าไขอ้อยที่ได้จากกระบวนการเท่ากับ 30,171.44 กก./ปี โดยต้นทุนลดลงดังนี้ เงินลงทุนเริ่มต้นเท่ากับ 241.8 ล้านบาท ลดลง 0.49%, ค่าแรงเท่ากับ 140.4 ล้านบาท/ปี ลดลง 5.25%, ต้นทุนค่าวัตถุดิบเท่ากับ 28.2 ล้านบาท/ปี ลดลง 12.8% และต้นทุนค่าสาธารณูปโภคเท่ากับ 43.3 ล้านบาท/ปี ลดลง 6.62% เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีฐาน

ผลของอัตราป้อนกากหม้อกรองต่อราคาขาย ณ จุดคุ้มทุน

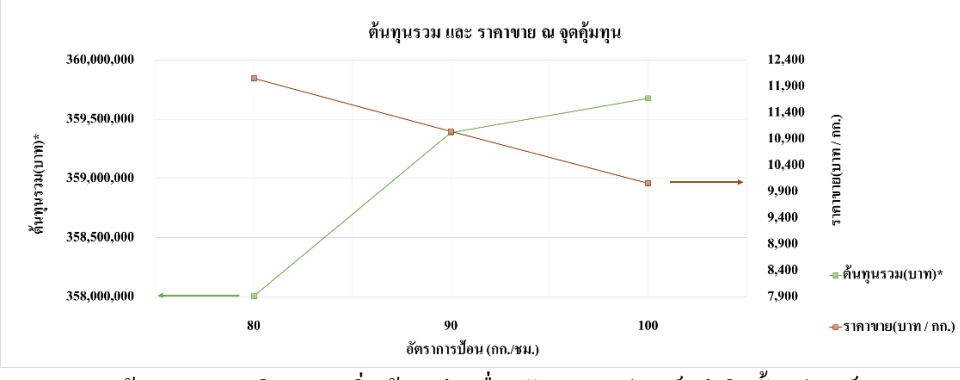
เมื่อกำหนดให้ระยะเวลาลงทุนเท่ากับ 3 ปี คำนวณหาราคาขายของผลิตภัณฑ์ ณ จุดคุ้มทุนด้วยสมการที่ 1
พบว่าราคาขาย ณ จุดคุ้มทุนที่เหมาะสมที่สุดจะอยู่ที่อัตราการป้อนเท่ากับ 90 กก./ชม. ซึ่งเท่ากับ 11,042.98 บาท/กก. (แสดงดังรูปที่ 3

ผลของระยะเวลาลงทุนที่มีต่อราคาขายไขอ้อย ณ จุดคุ้มทุน

เมื่อกำหนดระยะเวลาลงทุนเป็น 3, 5 และ 7 ปี โดยอัตราการป้อนกากหม้อกรองเท่ากับ 90 กก./ชม เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาลงทุนที่มีต่อราคาขายไขอ้อย ณ จุดคุ้มทุน (ดังรูปที่ 4) พบว่าเมื่อระยะเวลาลงทุนนานมากขึ้นมีผลทำให้ราคาขายไขอ้อย ณ จุดคุ้มทุนลดลง

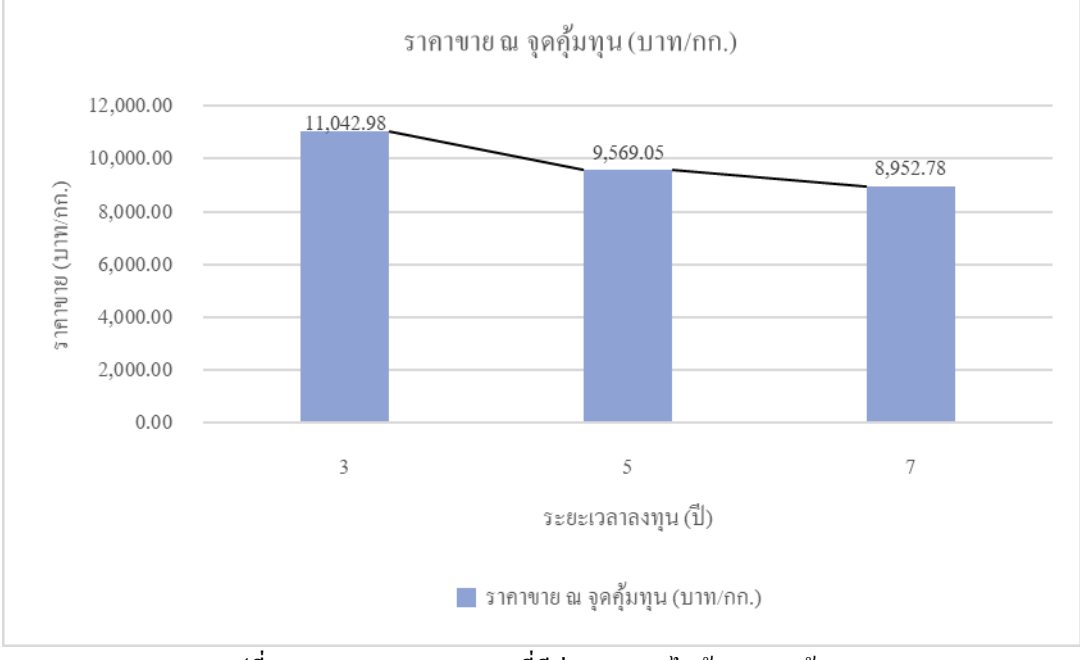
ต้นทุน*	อัตราการป้อน (กก./ชม.)		
	80	90	100
เงินลงทุนเริ่มต้น (บาท)	241,835,520	242,415,040	243,036,480
ค่าเครื่องจักรและอุปกรณ์ (บาท)	38,988,800	39,369,600	38,857,600
ค่าติดตั้งอุปกรณ์ (บาท)	77,180,800	77,603,200	77,782,400
ค่าแรงงาน (บาท/ปี)	140,499,840	145,993,920	148,278,400
ค่าสาธารณูปโภค (บาท/ปี)	43,333,120	46,333,120	46,403,840
ค่าวัตถุดิบ (บาท/ปี)	28,223,488	30,294,688	32,365,760

*อัตราแลกเปลี่ยน 1 ดอลลาร์สหรัฐ = 32 บาท



*ต้นทุนรวม = เงินลงทุนเริ่มต้น +ค่าเครื่องจักรและอุปกรณ์+ค่าติดตั้งอุปกรณ์

รูปที่ 3 ผลของอัตราป้อนกากหม้อกรองต่อต้นทุนรวมและราคาขาย ณ จุดคุ้มทุนเมื่อระยะเวลาลงทุน 3 ปี



รูปที่ 4 ผลของระยะเวลาลงทุนที่มีต่อราคาขายไขอ้อย ณ จุดคุ้มทุน

4.สรุปผลการทดลอง

อัตราการป้อนกากหม้อกรองที่เหมาะสมที่สุดของกระบวนการสกัดไขอ้อยจากกากหม้อกรองโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายในสภาวะเร่ง (Accelerated solvent extraction) เท่ากับ 90 กก./ชม. ซึ่งจะได้ผลิตภัณฑ์เท่ากับ 8.082 กก./ชม. ทำให้ราคาขายไขอ้อย ณ จุดคุ้มทุนสำหรับเวลาการลงทุน 3 ปี 5 ปี และ 7 ปี เท่ากับ 11,042.98, 9,569.05 และ 8,952.78 บาท/กิโลกรัม ตามลำดับซึ่งราคาขายไขอ้อยแปรผกผันกับระยะเวลาลงทุน

ทั้งนี้ราคาขายของไขอ้อยในท้องตลาดอยู่ในช่วงกว้างตั้งแต่ 650.00 – 36,800.00 บาท/กิโลกรัม(10) โดยราคานั้นจะขึ้นอยู่กับความบริสุทธิ์ของไขอ้อย โดยไขอ้อยที่สกัดได้จากกระบวนการสกัดโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายในสภาวะเร่งจึงมีความเป็นไปได้ในการลงทุน

5.กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ที่ให้การสนับสนุนในงานวิจัยนี้

6.เอกสารอ้างอิง

[1] Sugar from sugar cane Production process with flowsheet [Internet]- [cited 2019 May 5]; Available from: URL: http://processflowsheets.blogspot.com,

[2] Sibel Irmak, Nurhan Turgut Dunford and Jeff Milligan, Policosanol contents ofbeeswax, sugar cane and wheat extracts. Food Chemistry 95, 2006: 312–318.

[3] Policosanol Monograph, Alternative Medicine Review, Volume 9, Number 3, 2004:312-317.

[4] Gouni I. Berthold and Berthold H. K., Policosanol/ clinical pharmacology andtherapeutic significance of a new lipid-lowering agent, American Heart Journal, 2002:143, 356–365.

[5] Wanwisa Skolpap, and Nuttawee Owat, Pinch Analysis of a Commercial-Scale Sugarcane Wax Accelerated-Solvent Extraction and Purification Process, The International Journal of Engineering and Science (IJES), Volume 7, Issuse 7 Ver.II, 2018, 25 – 34.

[6] Gonzalo A.Núñeza, and José M.del Valle, Supercritical CO2 oilseed extraction in multi-vessel plants. 2. Effect of number and geometry of extractors on production cost, The Journal of Supercritical Fluids, Volume 92, 2014, 324-334.

[7] Amel Toubane, Sid Ahmed Rezzoug, Colette Besombes, Kamel Daouda, Optimization of Accelerated Solvent Extraction of Carthamus Caeruleus L. Evaluation of antioxidant and anti-inflammatory activity of extracts, Industrial Crops and Products, Volume 97, 2017, 620-631.

[8] Rotcharek Chakhathanbordee, Sombat Khotavivattana, Klanarong Sriroth, Development of Sugarcane Wax Extraction Methods from Sugarcane Filter Cake for Value Creation, VRU Research and Development Journal Science and Technology, Volume 11, No.3, 2016, 95-105.

[9] Krungsri Bank. Personal Loan [Internet]. Bangkok - [cited 2020 Jun 23]; Available from: URL: https://www.krungsri.com/bank/th/PersonalBanking/LoanProducts/PersonalLoan/PersonalLoan.html?utm_source=sem&utm_medium=sem_gn&utm_term=l&utm_content=&utm_campaign=awo_lead_ploan&gclid=CjwKCAjwi_b3BRAGEiwAemPNU6thBjcs170Ospl4Nz-U_1opa44sHVemLODBpd_wRmJpr6ckeJjFQxoCYwcQAvD_BwE

[10] Sugar can wax price [Internet]. China - [cited 2020 Jun 23]; Available from: URL: https://www.alibaba.com/showroom/sugarcane-wax.html