ME-NETT 25
The 25th Conference of the Mechanical Engineering Network of Thailand

ETM92

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 25
19-21 ตุลาคม 2554 จังหวัดกระบี่

กระบวนการสกัดน้ำมันจากตะกอนไขมันในน้ำทิ้ง

Oil extraction from fat grease in wastewater

ณัฏฐ์นรี เกรียงศักดิ์พงศ์, สุทธิพงศ์ วัฒนคณิต, ศรัณย์ ฐาปนกุลศักดิ์ และ เจตวีย์ ภัครัชพันธุ์*

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
50 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กทม 10900
*ผู้ติดต่อ: E-mail: fengjwp@ku.ac.th, เบอร์โทรศัพท์ 02-942-8555, เบอร์โทรสาร 02-579-4576

บทคัดย่อ

เนื่องจากในประเทศไทยนั้นมีโรงงานงานอุตสาหกรรมที่เป็นอุตสาหกรรมอาหารจำนวนมาก ซึ่งในแต่ละวันการผลิตอาหารสำเร็จรูปย่อมมีน้ำเสียจากการผลิต การที่คิดหาวิธีที่จะนำน้ำเสียเหล่านั้นไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆจึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะสามารถลดต้นทุนในการบำบัดได้ ในงานวิจัยนี้เน้นไปที่โรงงานอุตสาหกรรมทำกะทิ ซึ่งแต่ละวันจะมีการปล่อยน้ำทิ้งออกมาจำนวนมาก น้ำทิ้งนั้นมีลักษณะแยกชั้นกันระหว่างน้ำเสียกับตะกอนไขมัน โดยน้ำเสียสามารถเข้ากระบวนการผลิตไบโอแก๊ส ส่วนตะกอนไขมันนั้นจะมีปัญหาในการกำจัด

งานวิจัยนี้เริ่มขึ้นจากแนวคิดที่จะนำตะกอนไขมันในน้ำทิ้งเหล่านี้มาทำให้เกิดประโยชน์โดยเริ่มจากการศึกษาองค์ประกอบต่างๆของน้ำมันมะพร้าว จากนั้นศึกษาคุณสมบัติต่างๆ และทำการทดลองหาวิธีที่จะสกัดออกมาให้เป็นน้ำมันที่เหมาะสม โดยได้สภาวะการสกัดน้ำมันที่หมาะสมคือ อัตราส่วนของวัตถุดิบกับเมทานอล(1:3) เวลาที่ใช้ในการกวนผสม 15 นาที อุณหภูมิที่เหมาะสมในการกวนผสมระหว่างเมทานอลกับวัตถุดิบ 50 องศาเซลเซียส และได้ทำการออกแบบเครื่องสกัดน้ำมัน ตามกระบวนการที่ได้ทำการทดลอง

คำหลัก: ไขมันในน้ำทิ้ง สกัดน้ำมัน

Abstract

Over 7000 food processing factories in Thailand generate thousand gallons of wastewater daily. If wastewater can be converted into other useful products, it can reduce treatment cost and also add value into worthless unwanted wastewater. This research focuses on wastewater in a coconut milk factory. Every day, tons of waste is produced. The water is treated by first separate fat, oil and grease. Then, the remaining water is fed to bio-gas processing plant. The fatty sludge is difficult to eliminate and therefore the focus in this research. The compositions of coconut oil are first reviewed. Then the method of extracting oil is experimented and studied. It is found that oil can be extracted from the sludge and the process composes of using methanol with 1:3 (sludge:solvent) proportion to extract oil at 50 degree celcius for 15 minutes. In addition, oil extracting machine is designed based on the results from the experiment. The extracted oil is sellable and can be converted into many valuable products.

Keywords: fat waste, oil extraction

1. บทนำ

ในอุตสาหกรรมผลิตอาหารนั้น จะมีการแปรรูปวัตถุดิบให้เป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ซึ่งระหว่างกระบวนการผลิต จะมีของเสียเกิดขึ้น ไม่ว่าจะเป็นจากขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ การแปรรูป การบรรจุหรือการทำความสะอาดเครื่องจักร โดยการบำบัดของเสียนั้นอาจต้องใช้ต้นทุนในการบำบัดและพื้นที่มาก ดังนั้นการที่จะหากรรมวิธีลดปริมาณของเสียให้เหลือน้อยลงโดยการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำของเสียไปใช้ประโยชน์เปลี่ยนเป็นผลิตภัณฑ์จึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจ

ปัจจุบันนี้ในโรงงานอุตสาหกรรมทำกะทิ (บริษัท อำพลฟูดส์ โพรเซสซิ่ง จำกัด) จะมีการผลิตกะทิกล่องที่รู้จักกันในชื่อ “ กะทิชาวเกาะ ” ซึ่งในแต่ละวันจะมีอัตราการผลิตกะทิที่สูง ในระหว่างการผลิตน้ำกะทิจะมีการทำความสะอาดเครื่องจักรที่ใช้การผลิตซึ่งน้ำที่ใช้ทำความสะอาดเครื่องจักรนั้นจะมีไขมันกะทิติดปะปนออกมาด้วยเป็นจำนวนมาก ซึ่งไขมันนี้จะถูกกวาดแยกออกจากน้ำเสียเพื่อที่จะนำน้ำเสียไปเข้ากระบวนการผลิตไบโอแก๊ส ส่วนไขมันที่ถูกแยกออกก่อนกระบวนการผลิตไบโอแก๊ส จะไม่ถูกนำไปใช้ประโยชน์อีกและเป็นปัญหาในการกำจัด ก้อนไขมันเหล่านี้น่าที่จะมีความเป็นไปได้ที่จะนำมาใช้ประโยชน์ เนื่องจากส่วนใหญ่เป็นไขมันที่ได้จากมะพร้าวที่ใช้ทำกะทิจึงน่าที่จะมีองค์ประกอบของกรดไขมันเหมือนกับไขมันในน้ำมันมะพร้าวทั่วไปที่ใช้ส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์พวกเครื่องสำอางต่างๆหรือผลิตภัณฑ์บำรุงผิว

ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาว่าไขมันในน้ำเสียมีความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบใด ผลิตภัณฑ์ประเภทใด และศึกษาทดลองหากรรมวิธีการสกัดหรือการแปรรูปไขมัน และนำข้อมูลที่ได้มาออกแบบเครื่องสกัดน้ำมัน

2. องค์ประกอบพื้นฐานของน้ำมันมะพร้าว

ไขมันส่วนใหญ่ที่พบในตะกอนไขมันในน้ำทิ้งนั้นเป็นน้ำมันจากมะพร้าว ดังนั้นเราได้เริ่มจากการศึกษาองค์ประกอบของนั้นมะพร้าว เพื่อเป็นพื้นฐานในการวางแผนการทดลอง

2.1 กรดไขมันที่สำคัญที่พบได้ในน้ำมันมะพร้าว

ในน้ำมันมะพร้าวประกอบด้วยกรดลอริค 47.5% กรดคาปริลิค 7.8% กรดคาปริค 6.7% ที่เหลือเป็นกรดไขมันอีกหลายหลายชนิดในปริมาณที่น้อย นอกจากนี้น้ำมันมะพร้าวยังประกอบไปด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) ประมาณ 9 % ซึ่งแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

- กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (monounsaturated fatty acid) คือ กรดไขมันที่มีอะตอมของคาร์บอน 1 ตัว ไม่มีไฮโดรเจน 2 ตัวมาจับ จึงต้องจับคู่กันเองด้วยพันธะคู่ (double bond) จึงเป็น กรดไขมันที่มีพันธะคู่เพียงหนึ่งคู่
- กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (polyunsaturated fatty acid) คือ กรดไขมันที่มีพันธะคู่มากกว่า 1 คู่ ส่วนใหญ่กรดไขมันไม่อิ่มตัวจะมีจำนวนอะตอมของคาร์บอนมาก จึงทำให้โมเลกุลมีความยาวมาก เช่น กรดลินโนเลอิก (linoleic acid – C18)

2.2. การวิเคราะห์องค์ประกอบไขมัน

<u>การทดลอง</u>

ตัวอย่างตะกอนไขมันในบ่อน้ำเสียจากโรงงานกะทิ ถูกนำมาสกัดเอาน้ำมันออกโดยใช้ตัวทำละลายเฮกเซน อัตราส่วน 1:10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรที่อุณหภูมิห้อง สารสกัดที่ได้นำไประเหยสารเฮกเซนออก จะได้น้ำมันมะพร้าวซึ่งจะนำไปวิเคราะห์หาค่าความเป็นกรดและค่าองค์ประกอบของกรดไขมัน โดยใช้เครื่อง Gas chromatography (GC)

<u>ผลการวิเคราะห์</u>

ผลของค่าปริมาณกรดไขมันอิสระพบว่าน้ำมันมะพร้าวที่สกัดได้มีค่าปริมาณกรดไขมันอิสระ (Free fatty acid) เท่ากับ 90.39% ซึ่งเป็นปริมาณที่สูงที่ประกอบอยู่ในน้ำมันมะพร้าวที่สกัดได้ ผลขององค์ประกอบกรดไขมันซึ่งวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Gas cromatography (GC) แสดงปริมาณตามตารางที่1

จากตารางที่1 พบว่าองค์ประกอบของกรดไขมันที่ประกอบอยู่ในน้ำมันมะพร้าวที่สกัดได้ มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันมะพร้าวดิบทั่วไป [1-4]

ตารางที่ 1 องค์ประกอบน้ำมันที่สกัดจากตัวอย่างไขมันน้ำทิ้งโรงงานกะทิ

กรดไขมัน	ปริมาณ(%)
Decanoic acid (C_{10})	3.43
Lauric acid (C_{12})	42.68
Myristic acid (C_{14})	18.66
Palmitic acid (C_{16})	14.29
Stearic acid ($C_{18:1}$)	3.78
Oleic acid ($C_{18:3}$)	8.78
Linolenic acid ($C_{18:3}$)	0.82
Arachitic acid (C_{20})	1.28
Erucic acid ($C_{22:1}$)	2.45
กรดอื่นๆ	3.83

สรุปผลการทดลอง

1. เนื่องจากตะกอนไขมันนั้นจะต้องนำมาสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์เพื่อสกัดเอาส่วนของน้ำมันออกจากตะกอนไขมัน โดยตัวทำละลายที่ได้ใช้คือเฮกเซน ซึ่งมีราคาสูงและใช้ในอัตราส่วนที่มาก คือ ตะกอนไขมัน 1 ส่วน เฮกเซน 10 ส่วน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการทดลองหาตัวทำละลายที่จะเหมาะสมมากกว่า ที่จะสามารถประหยัดต้นทุน และต้องหาสภาวะในการสกัดที่เหมาะสม

2. น้ำมันที่สกัดได้เป็นน้ำมันกรด คือ มีกรดไขมันอิสระประกอบอยู่สูงถึง 90% ซึ่งสามารถจำหน่ายได้ในรูปของน้ำมันกรดหรือถ้านำไปเพิ่มมูลค่าก็สามารถนำไปผลิตเป็นสบู่หรือผลิตเป็นน้ำมันไบโอดีเซล หรือกลั่นแยกออกเป็นกรดไขมันบริสุทธิ์

3. กากตะกอนที่สกัดน้ำมันออกไปแล้วอาจนำไปทำอาหารสัตว์ได้

3. การทดสอบหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันจากตะกอนไขมัน

ในการสกัดน้ำมันออกจากตะกอนไขมันจะใช้วิธีการมาตรฐานโดยการใช้สารละลายผสมกับตะกอนไขมันและให้ความร้อนเพื่อดึงน้ำมันออกจากตะกอนและนำไปกรองเพื่อแยกตะกอนออก การทดลองในส่วนนี้เป็นการหาสารสกัด อัตราส่วน อุณหภูมิและเวลาของการกวนที่เหมาะสม

3.1 ขั้นตอนการสกัดน้ำมัน

1.นำตะกอนไขมันมาต้มไล่น้ำ โดยใช้อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ซึ่งจะได้น้ำมันกับตะกอนน้ำมันรวมเรียกว่า วัตถุดิบ

2.เตรียมการสกัด โดยสารละลายที่ใช้ในการทดลอง มีทั้งหมด 3 ชนิด 1. เฮกเซน 2.เมทานอล 3. เอทานอล

3.นำสารละลายมาผสมกับวัตถุดิบในอัตราส่วน 3:1 ลงในขวด

4.นำขวดที่ใส่สารละลายและวัตถุดิบไปที่เครื่องกวนผสมโดยในระหว่างกวนจะให้ความร้อนกับสารละลายและวัตถุดิบให้มีอุณหภูมิประมาณ 50 องศาเซลเซียส และกวนผสมที่ความเร็ว 400 รอบต่อนาที กวนผสมตามเวลาที่เหมาะสม

5.หลังจากกวนผสมจะทำการแยกตะกอนออกโดยใช้วิธีการกรองสูบอาอาศผ่านกระดาษกรองผ่านกระดาษกรอง

6.เมื่อกรองแล้วจะได้ น้ำมันที่มีส่วนผสมของสารละลายและ กากไขมันจะถูกแยกออกไป

7.นำน้ำมันที่มีส่วนผสมของสารละลายไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 100 – 130 เซลเซียสเป็นเวลาประมาณ 40 นาที เพื่อแยกสารละลายออกจากน้ำมัน

3.2 การทดลองหาสารสกัดที่เหมาะสม

ใช้อัตราส่วนตะกอนไขมันกับสารสกัด (1:3) ความเร็วรอบในการกวนผสม 400 รอบต่อนาที เวลา

ในการกวนผสม 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดลองการหาสารสกัดที่เหมาะสม

สารละลาย	%น้ำมัน	Threshold Limit* (ppm)	ราคา บาท/ลิตร**
Methanol	64.11	200	170
Ethanol	64.32	100	196
Hexane	57.41	50	240

*Threshold limit for exposure [5]

** ราคาช่วงเดือนตุลาคม 2554

จากตารางที่ 2 ถึงแม้ว่าปริมาณน้ำมันที่ได้จากการใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายจะได้มากที่สุด แต่ถ้าคำนึงถึงความเป็นพิษ ราคา สารสกัดที่เหมาะสมมากกว่าคือ เมทานอล เนื่องจากเมทานอลสามารถสกัดน้ำมันจากตะกอนไขมันได้ปริมาณสูง มีความเป็นพิษน้อย และราคาถูกเมื่อเทียบกับเอทานอลและเฮกเซน นอกจากนั้นเมทานอลเป็นสารที่อยู่ในกระบวนการผลิตไบโอดีเซล จึงง่ายต่อการจัดหา

3.3 การทดลองหาอุณหภูมิในการสกัดที่เหมาะสม

ใช้ อัตราส่วนตะกอนไขมันต่อเมทานอล (1:3) ความเร็ว ในการกวนผสม 400 รอบต่อนาที เวลาในการกวนผสม 30 นาที

ตารางที่ 3 ผลการทดลองการหาสารสกัดที่เหมาะสม

สารละลาย	%น้ำมัน
อุณหภูมิห้อง	74.26
อุณหภูมิ50°C	78.30

จากตารางที่ 3 อุณหภูมิในการสกัดที่เหมาะสมที่สุดคือประมาณ 50 องศาเซลเซียส ซึ่งสามารถสกัดได้มากกว่าการสกัดที่อุณหภูมิห้อง

3.4 การทดลองหาเวลาในการกวนที่เหมาะสม

ใช้อัตราส่วนตะกอนไขมันต่อเมทานอล (1:3) ความเร็วในการกวนผสม 400 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 50°C

จากตารางที่ 4 เวลาในการสกัดที่เหมาะสมคือ15 นาที เนื่องจากการทดลองพบว่าเวลาในการกวนผสมเพิ่มขึ้นแต่ว่าปริมาณน้ำมันที่ได้ก็มีปริมาณไม่แตกต่างกันมาก เวลาที่ 15 นาทีจึงทำให้สิ้นเปลืองพลังงานน้อย

ตารางที่ 4 ผลการทดลองหาเวลาในการกวนผสมที่เหมาะสม

เวลา (นาที)	**%น้ำมัน**
15	79.25
30	78.30
60	79.29
90	79.71
120	76.69

3.5 การทดลองหาอัตราส่วนในการสกัดที่เหมาะสม

ใช้เวลาในการกวนผสม 15 นาที ความเร็วในการผสม 400 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 50°C

ตารางที่ 5 ผลการทดลองหาอัตราส่วนในการสกัดที่เหมาะสม

อัตราส่วน	%น้ำมัน
1:1	60.55
1:2	69.72
1:3	79.25
1:4	76.90

จากตารางที่ 5 อัตราส่วนในการผสมที่เหมาะสมที่สุดคือ อัตราส่วน1:3 คือ ตะกอนไขมัน 1 ส่วน เมทานอล 3 ส่วน โดยเมื่อเพิ่มอัตราส่วนมากขึ้นน้ำมันที่สกัดได้มีปริมาณใกล้เคียงกัน ดังนั้นอัตราส่วน 1:3 จึงเหมาะสมที่สุด

3.6 สรุปผลการหาสภาวะที่เหมาะสมในกาสกัด

จากการทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันจากตะกอนไขมันมะพร้าว คือ

1.สารสกัดที่เหมาะสมคือ เมทานอล

2.อุณหภูมิในการสกัดที่เหมาะสมที่สุดคือประมาณ 50 องศาเซลเซียส

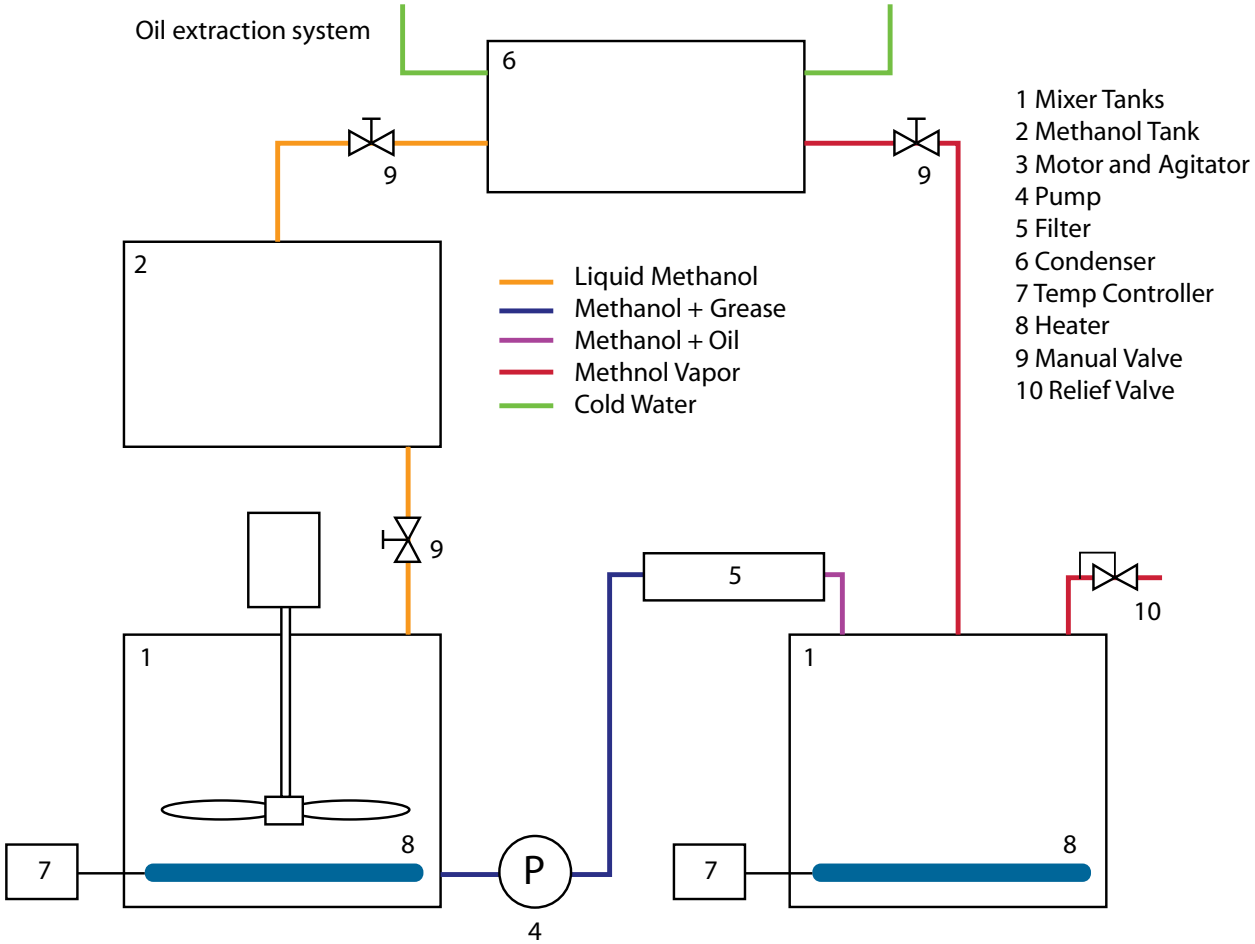
3.เวลาในการกวนสารผสมที่เหมาะสมคือ15 นาที

4.อัตราส่วนในการผสมที่เหมาะสมที่สุดคือ อัตราส่วน 1:3 คือ ตะกอนไขมัน 1 ส่วน เมทานอล 3 ส่วน

4. การออกแบบเครื่องสกัดน้ำมัน

ในการออกแบบเครื่องสกัดน้ำมันได้ทำการออกแบบ 2 เครื่อง คือ เครื่องสกัดแบบที่ใช้สารสกัดเมทานอล ซึ่งในการออกแบบนั้นจะทำการคำนวณชิ้นส่วนแต่ละอย่างได้แก่ ขนาดถัง คอนเด็นเซอร์ ปั๊ม ขนาดท่อ พลังงานที่ฮีตเตอร์ เครื่องกรอง ขนาดใบพัด และมอเตอร์ ซึ่งชิ้นส่วนต่างๆแสดงดังรูปที่ 1

รูปที่ 1 อุปกรณ์ต่างๆของเครื่องสกัดน้ำมัน



รูปที่ 2 แผนภาพเครื่องสกัดน้ำมันโดยใช้เมทานอล

ตารางที่ 6 สรุปผลการออกแบบเครื่องสกัดใช้เมทานอล

ชื่ออุปกรณ์	ออกแบบ	ชื่ออุปกรณ์	ออกแบบ
ถังผสม1และถังผสม2	50 ลิตร ทำจากสแตนเลส หนา 2 mm	heater	11 kW ทำจากสแตนเลส
ถังเก็บเมทานอล	40 ลิตรทำจากสแตนเลส หนา 2 mm	temperature control	1 ชิ้น
ใบพัดและมอเตอร์	Mixer-50 ใบพัดและเพลาทำจากสแตนเลส Max speed (rpm): 1000 Min speed (rpm): 50 Motor (hp): 0.5	Condenser	ยาว 60 cm ท่อเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 cm Shell เส้นผ่านศูนย์กลาง 4 cm
ปั๊มแบบหอยโข่ง centrifugal pump	กำลัง 1/3 hp	manual valve	3 ชิ้น
เครื่องกรอง 0.3 ไมครอน	แรงดันตก 6 เมตรทำจากเซรามิก	relief valve	50 psi

ในการออกแบบเครื่องสกัดน้ำมันโดยใช้สารสกัดเมทานอลนั้น ได้ทำการออกแบบชิ้นส่วนต่างๆคือ ถังผสมไขมันกับเมทานอล ถังเก็บเมทานอล ใบพัดและมอเตอร์ ปั๊มหอยโข่ง เครื่องกรอง คอนเดนเซอร์ และฮีตเตอร์ ซึ่งวัฏจักรการทำงานจะแสดงดังรูปที่ 2 และรายละเอียดอุปกรณ์ตามตารางที่ 6

เนื่องจากการที่ใช้เมทานอลเป็นสารสกัดถ้าไม่เป็นระบบปิดอาจจะมีอันตรายต่อร่างกายได้ และเมทานอลเป็นสารไวไฟอาจจะเกิดการระเบิดได้ ดั้งนั้นระบบทั้งหมดต้องเป็นแบบปิดไม่ให้มีเมทานอลรั่วไหลออกมา ซึ่งระบบต้องได้รับการทดสอบให้แน่ใจว่าจะไม่มีรอยรั่ว

5 สรุปผล

การศึกษาความเป็นไปได้ที่จะใช้ประโยชน์จากไขมันกะทิได้ทำการศึกษาการแปรรูปตะกอนไขมันในน้ำทิ้งโรงงานกะทิ โดยผ่านวิธีการสกัดเพื่อให้ได้เป็นน้ำมัน และนำน้ำมันไปตรวจหาค่าองค์ประกอบของไขมันกะทิได้ผลว่ามีองค์ประกอบกรดที่มีประโยชน์ที่พบได้มากได้แก่ Lauric acid (C12) ,Myristic acid (C14) , กรดปาล์มมิติก (Palmitic acid - C16),Oleic acid (C18:3) น้ำมันที่มีองค์ประกอบเหล่านี้สามารถใช้ทำเป็นผลิตภัณฑ์ได้เช่น โลชั่นบำรุงผิว สครับ ครีมนวดผม สบู่น้ำมันมะพร้าว เป็นต้น

จากการทดลองเพื่อเก็บข้อมูลทำให้ทราบถึงสภาวะต่างๆ ที่เหมาะสมในการสกัดคือ อัตราส่วนของวัตถุดิบกับเมทานอล(1:3) เวลาที่ใช้ในการกวนผสม 15 นาที อุณหภูมิที่เหมาะสมในการกวนผสมระหว่างเมทานอลกับวัตถุดิบ 50 องศาเซลเซียส ทำให้ทราบองค์ประกอบสภาวะต่างๆในการสกัดที่ดี และได้นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาใช้ในการสร้างแบบของเครื่องออกมาให้รองรับสภาวะเหล่านั้นได้

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ บริษัท อำพลฟูด โพรเซสซิ่ง จำกัดที่ได้เอื้อเฟื้อ วัตถุดิบและทุนส่วนหนึ่งในการทำการทดลอง ขอขอบคุณ อาจารย์วิทยา ปั้นสุวรรณ ที่ช่วยแนะนำให้คำปรึกษาวิธีการสกัดน้ำมัน พร้อมเอื้อเฟื้อห้องปฏิบัติการและอุปกรณ์การทดลอง

7. เอกสารอ้างอิง

[1] กรดไขมันในน้ำมะพร้าว (กรดคาปริลิค) URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Caprylic_acid, access on 30 August 2010

[2] กรดไขมันในน้ำมันมะพร้าว (กรดไลโนเลนิก) URL: http://www.ku.ac.th/kaset60/ku60/egg3.html, access on 7 September 2010

[3] กรดไขมันในน้ำมันมะพร้าว (กรดโอเลอิก) URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Oleic_acid, access on 7 September 2010

[4] กรดไขมันในน้ำมันมะพร้าว (กรดปาล์มมิติก) URL: http://www.chemindustry.com/chemnames/p/PALMITIC_ACID.html, access on 8 September 2010

[5] C Reichardt, Solvents and Solvent Effects in Organic Chemistry, Wiley-VCH Publishers, 3rd ed., 2003