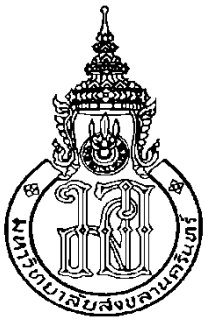

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ชื่อโครงการวิจัย (ภาษาไทย) พัฒนาต้นแบบชุดกรองเซรามิกเมมเบรนสำหรับการกรองน้ำสกัดเสริมสุขภาพจากเปลือกมังคุด

(ภาษาอังกฤษ) Development of prototype of ceramic membrane filter for filtration of functional fermented Mangosteen peel beverage

คณะนักวิจัย

ผศ.ดรุณี ผ่องสุวรรณ	หัวหน้าโครงการ
รศ.ดร.ดวงพร คันธโชติ	ผู้ร่วมโครงการ
รศ.ดร.ไตรภพ ผ่องสุวรรณ	ผู้ร่วมโครงการ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจาก งบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558 -2559

รหัสโครงการ SCI 580560S

1.ชื่อโครงการเดี่ยว หรือโครงการย่อย

(ภาษาไทย) พัฒนาต้นแบบชุดกรองเซรามิกเมมเบรนสำหรับการกรองน้ำสกัดเสริม สุขภาพจากเปลือกมังคุด

(ภาษาอังกฤษ) Development of prototype of ceramic membrane filter for filtration of functional fermented Mangosteen peel beverage

2.คณะนักวิจัยและคณะ/หน่วยงานต้นสังกัด

ชื่อผู้รับผิดชอบ	บทบาทของนักวิจัย	หน่วยงาน
1.นางดรุณี ผ่องสุวรรณ Ms.Darunee Bhongsuwan	หัวหน้าโครงการวิจัย ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ระดับ 8	ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีวัสดุ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ. หาดใหญ่ จ. สงขลา 90110 โทรศัพท์ 074 288396 โทรสาร 074 218701 e-mail: darunee.b@psu.ac.th
2. นางดวงพร คันธโชติ Ms.Duangporn Kantachote	ผู้ร่วมโครงการ ตำแหน่ง รองศาสตราจารย์ ระดับ 9	ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ โทรศัพท์ 074 288310 โทรสาร 074 446661 e-mail: duangporn.k@psu.ac.th
3.นายไตรภพ ผ่องสุวรรณ Mr. Tripob Bhongsuwan	ผู้ร่วมโครงการ ตำแหน่ง รองศาสตราจารย์ ระดับ 9	ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ 90112 โทรศัพท์ 074-288761 โทรสาร 074212817 e-mail: tripop.b@psu.ac.th

บทคัดย่อ

นำกล้าเชื้อ *L. plantarum DW12* มาใช้เพื่อผลิตน้ำหมักเปลือกมังคุดและเนื้อมังคุด โดยจัดให้มี 4 ชุดการทดลอง คือน้ำหมักเปลือกมังคุด ชุด A แบบดั้งเดิม (เปลือกมังคุด น้ำตาลทราย น้ำสะอาด อัตราส่วน 3:1:10 (w/w/v)) ชุด B แบบดั้งเดิม (ชุด A) เติมกล้าเชื้อ 5% และ 0.5% Monosodium glutamate (MSG) ชุด C น้ำหมักเนื้อมังคุดแบบดั้งเดิม (เนื้อมังคุด น้ำตาลทราย น้ำสะอาด อัตราส่วน 3:1:10 (w/w/v)) และน้ำหมักชุด D แบบดั้งเดิม (ชุด C) เติมกล้าเชื้อ 5% และ 0.5% Monosodium glutamate (MSG) เมื่อเริ่มต้นการหมักทุกชุดการทดลองมีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด (TBC) อยู่ในช่วง 5.11-5.62 log CFU/ml เมื่อสิ้นสุดการหมักที่ 12 สัปดาห์ น้ำหมักชุด A, B, C และ D มีปริมาณ TBC คงเหลือ 4.17, 4.14, 4.18 และ 2.84 log CFU/ml ตามลำดับ และมีปริมาณแลกติกแอสิดแบคทีเรีย (LAB) เริ่มต้นเท่ากับ 2.33, 5.2, 4.9 และ 5.16 log CFU/ml และเมื่อสิ้นสุดการหมัก LAB คงเหลือ 2.60, 4.14, 2.43 และ 3.26 log CFU/ml ตามลำดับ ส่วนปริมาณยีสต์เริ่มต้นทุกชุดการทดลองมีประมาณ 5 log CFU/ml และเมื่อสิ้นสุดการหมัก ชุด C มียีสต์เหลืออยู่มากที่สุด 4.13 log CFU/ml โดยทุกชุดการทดลองมีปริมาณน้ำตาลเหลืออยู่ในช่วงร้อยละ 0.02-0.51 ค่าพีเอชระหว่าง 3.2-3.8 ค่าการนำไฟฟ้า 916-3308 µS/cm ความเป็นกรด 0.46-0.95 สำหรับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และปริมาณสารประกอบฟีนอลลิกทั้งหมด มีค่าสูงสุดในน้ำหมักชุด B ตามด้วยชุด A, C และ D ตามลำดับ ตรวจไม่พบแบคทีเรียบ่งชี้ Total coliforms และ *Escherichia coli* และตรวจไม่พบเชื้อก่อโรคของระบบทางเดินอาหาร *Salmonella sp.*, *Staphyloccus aureus* และ *Clostridium perfringens* ในทุกชุดการทดลอง สรุปได้ว่าน้ำหมักทุกชุดมีฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียทดสอบทั้ง 4 ชนิด

เตรียมเซรามิกเมมเบรนแบบท่อจากอลูมินาด้วยการหล่อแบบมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 34 และ 22 มิลลิเมตร ความยาว 220 มิลลิเมตรหนา 3 มิลลิเมตร (พื้นที่ 0.02 และ 0.01 ตารางเมตร) เผาที่อุณหภูมิ 1100 °C มีความพรุนตัวร้อยละ 47-49 และมีขนาดของรูพรุน 0.3-1 ไมโครเมตร

ออกแบบและสร้างเครื่องกรองชนิดไมโครฟิลเตรชันแบบไหลขวางชนิด 3-4 ไส้กรอง (พื้นที่เซรามิกเมมเบรนรวม 0.07 และ 0.05 ตารางเมตร) ตัวถังผลิตจากท่อพีวีซี มีพื้นที่ภายในเครื่องกรอง 0.10 ตารางเมตร มีค่าอัตราผลิตน้ำบริสุทธิ์มีค่าอยู่ระหว่าง 100-168 ลิตรต่อชั่วโมง ที่ความดัน 137.80 kPa เมื่อนำมากรองน้ำหมักชุด B และ C จะให้อัตราการผลิตน้ำหมัก 1.37 และ 2.55 ลิตรต่อชั่วโมง ตามลำดับที่ความดัน 34.45-137.80 kPa

ในการกรองน้ำหมักด้วยเซรามิกเมมเบรนที่พัฒนาขึ้นเอง สามารถลดปริมาณยีสต์ TBC และ LAB ในน้ำหมักชุด B เหลือ <1.47 log CFU/ml ปริมาณเอทานอลของน้ำหมักชุด A, B, C และ D มีค่าเท่ากับร้อยละ 2.02, 4.27, 4.45 และ 5.61 ตามลำดับ ปริมาณน้ำตาล พีเอช กรด ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระหลังกรองมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับก่อนกรอง รวมทั้งยังคงมีฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียทดสอบทั้ง 4 และตรวจไม่พบแบคทีเรียบ่งชี้เชื้อโรคที่มากับอาหาร ผลการทดสอบประสาทสัมผัสของน้ำหมักพบว่าหลังกรองได้รับคะแนนการยอมรับมากกว่าก่อนกรอง ซึ่งเป็นเพราะมีความใสมากขึ้น

ABSTRACT

L. plantarum DW12 was used as a starter culture to produce mangosteen beverage.There were 4 sets of experiments as follows:Set A,a traditional formula, mangosteen peel, cane sugar and potable water (w:w:v = 3:1:10) without starter culture. Set B is set A with 5% starter culture and 0.5% monosodium glutamate (MSG). Set C is a traditional formula flesh mangosteen, cane sugar and potable water (3 : 1 : 10) without starter culture and set D is set C with 5% starter culture and 0.5% monosodium glutamate (MSG). Initial total bacterial counts (TBC) in all sets were between 5.11 and 5.62 log CFU/ml. At the end of fermentation (12 weeks), TBC in set A, B, C and D were 4.17, 4.14, 4.18 and 2.84 log CFU/ml, respectively, while initial lactic acid bacteria (LAB) were 2.33, 5.2, 4.9 and 5.16 log CFU/ml, respectively, and at the end of fermentation the LAB levels were 2.60, 4.14, 2.43 and 3.26 log CFU/ml, respectively. The initial number of yeasts in all sets was approximately 5 log CFU/ml and at the end of fermentation set C had the highest number of 4.13 log CFU/ml.The final concentration of sugar in all sets at week 12 was in a range of 0.02-0.51%, pH 3.2-3.8, electrical conductivity of 916-3308 µS/cm with total acidity of 0.46-0.95%. Moreover, mangosteen beverage fermentation had antioxidant activity and the maximum antioxidant activity found at week 12 in all sets. Based on DPPH and total phenolic content, set B produced the highest antioxidant activity followed by set A C and D, respectively. Bacterial indicators were not found in all sets including total coliforms, *Escherichia coli* and pathogens; *Salmonella sp.*, *S. aureus* and *Clostridium perfringens*. Antibacterial activity was found in all sets against the growth of tested bacteria mentionedpreviously.

Tubular-type ceramic membranes made from alumina were prepared by slip casting method. The tube dimensions are 22 and 34 mm outer diameter, 220 mm in length and 3 mm thickness (surface area = 0.01 and 0.02 m^2). After sintering at temperature of 1100°C the ceramic membrane possessed an average porosity of 47-49 % with pore diameter of 0.3-1 micron.

Filtration unit was designed to install 3-4 ceramic tubes (total surface area = 0.05 and 0.07 m^2) with cross-flow pattern and made of PVC pipe with 0.1 m^2internal surface area. Tests showed the pure water permeate at 137.80 kPa is between100 and 168 Lhr^{-1}. The permeate of fermentedmangosteen beverage set B and C was reduced to 1.37 and 2.55 Lhr^{-1}at 34.45-137.80 kPa, respectively. Results showed that the laboratory-made ceramic filter can reduced numbers of yeast, TBC and LAB to < 1.47 log CFU/ml, respectively. Ethanols in all sets after filtration were still 2.02, 4.27, 4.45 and 5.61 %, respectively. The total sugar, pH, total acidity, including antioxidants activity before and after filtrations were slightly different. The filtered broth can inhibited all 4 tested bacteria, no detection of bacterial indicators and foodborne pathogens was found. Results of the sensory test using Hedonic test found that all sets after filtration in the overall acceptance than before filtration due to their more clearness.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจาก งบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558 -2559 รหัสโครงการ SCI 580560S ขอขอบคุณ ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีวัสดุ ภาควิชาจุลชีววิทยา ภาควิชาฟิสิกส์และ สถานวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเมมเบรน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่อำนวยความสะดวกในการใช้สถานที่ ห้องปฏิบัติการ ครุภัณฑ์ อุปกรณ์เครื่องมือต่างๆ ที่ใช้ในการวิจัย ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สารบัญเรื่อง

	หน้า
บทคัดย่อ	III
Abstract	IV
กิตติกรรมประกาศ	V
สารบัญเรื่อง	VI
สารบัญรูป	IX
สารบัญตาราง	XI
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
1.2 ทฤษฎี สมมุติฐานและกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย	3
1.3 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง	5
1.4 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	6
1.5 ขอบเขตของโครงการวิจัย	7
บทที่ 2 ทฤษฎี	8
2.1 วัตถุดิบ	8
2.2 สารอนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระ	12
2.3 น้ำหมักชีวภาพ	14
2.4 จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหมักน้ำหมักชีวภาพ	15
2.5 กระบวนการกรองด้วยเมมเบรน	17
บทที่ 3 วิธีการทดลอง	20
3.1 วิธีการทดลอง	20
3.1.1 เตรียมน้ำหมักและศึกษาคุณสมบัติของน้ำหมัก	20
3.1.2 เตรียมเซรามิกเมมเบรนสูตร 7B และศึกษาสมบัติของเซรามิกเมมเบรน	22
3.1.3 ออกแบบสร้างเครื่องกรอง จากท่อพีวีซีที่ประกอบด้วยไส้กรองขนาดกลางหรือขนาดเล็ก และทดสอบค่าฟลักซ์น้ำ	24
3.1.4 กรองน้ำหมักด้วยเครื่องกรองชนิด 1 ไส้กรอง และเครื่องกรองจากท่อพีวีซีประกอบด้วยไส้กรองขนาดกลางหรือขนาดเล็ก และสมบัติของน้ำหมักก่อนกรองและหลังกรอง	25

สารบัญเรื่อง

หน้า

3.1.5 ออกแบบสร้างเครื่องกรอง จากท่อสแตนเลสที่ประกอบด้วยไส้กรองขนาดกลาง หรือขนาดเล็ก และทดสอบค่าฟลักซ์น้ำ 26
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล 28
4.1 ผลการเตรียมน้ำหมักและศึกษาคุณสมบัติของน้ำหมัก 28
4.1.1 ผลการเตรียมน้ำหมักเปลือกมังคุดและเนื้อมังคุด 28
4.1.2 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงประชากรของจุลินทรีย์ของน้ำหมักเปลือกมังคุดและเนื้อมังคุด 29
4.1.3 ผลการศึกษาสมบัติทางเคมี–กายภาพของน้ำหมักเปลือกมังคุดและเนื้อมังคุด 31
4.1.4 การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ 33
4.1.5 การทดสอบฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์ 35
4.1.6 การตรวจคุณภาพทางจุลชีววิทยาของน้ำหมักเปลือกมังคุด 37
4.2 ผลเตรียมเซรามิกเมมเบรนสูตร 7B และศึกษาสมบัติของเซรามิกเมมเบรน 38
4.2.1 ผลการศึกษาสมบัติกายภาพ 38
4.2.2 ผลการศึกษาสมบัติการกรองด้วยเครื่องกรองท่อเดี่ยวชนิด 1 ไส้กรอง 39
4.3 ผลการสร้างเครื่องกรองจากท่อพีวีซีที่ประกอบด้วยไส้กรองขนาดกลางหรือขนาดเล็กและทดสอบค่าฟลักซ์น้ำ 40
4.3.1 ผลการสร้างเครื่องกรองจากท่อพีวีซีชนิดไส้กรองขนาดกลางและขนาดเล็ก 40
4.3.2 ผลทดสอบหาค่าฟลักซ์น้ำด้วยเครื่องกรองจากท่อพีวีซีไส้กรองขนาดกลางและขนาดเล็ก 40
4.4 ผลการกรองน้ำหมักด้วยเครื่องกรองชนิด 1 ไส้กรอง และเครื่องกรองพีวีซีที่ประกอบด้วยไส้กรองขนาดกลางหรือขนาดเล็ก และคุณสมบัติของน้ำหมัก 41
4.4.1 การกรองน้ำหมักด้วยเครื่องกรองชนิด 1 ไส้กรอง 41
4.4.2 ทดสอบการกรองน้ำหมักด้วยเครื่องกรองจากท่อพีวีซีที่ประกอบด้วยไส้กรองขนาดกลางและขนาดเล็ก จำนวน 3-4 ไส้กรอง 42
4.4.3 ศึกษาคุณสมบัติของน้ำหมักก่อนกรองและหลังกรอง 43
4.5 ผลการสร้างเครื่องเครื่องกรองจากท่อสแตนเลสที่ประกอบด้วยไส้กรองขนาดกลางหรือขนาดเล็ก และทดสอบหาค่าฟลักซ์น้ำ 50
4.5.1 ผลการสร้างเครื่องกรองจากท่อสแตนเลสที่ประกอบด้วยไส้กรองขนาดกลางและขนาดเล็ก จำนวน 3 และ 4 ไส้กรอง 50
4.5.2 ผลทดสอบหาค่าฟลักซ์น้ำด้วยเครื่องจากท่อสแตนเลส ที่ประกอบด้วยไส้กรองขนาดกลางและขนาดเล็ก จำนวน 3-4 ไส้กรอง (ไส้กรองที่ใช้ทดสอบผ่านการกรองน้ำหมักเปลือกมังคุดและเนื้อมังคุดมาแล้ว) 51

สารบัญเรื่อง

	หน้า
บทที่ 5 วิจารณ์ผลและสรุปผลการทดลอง	54
5.1 วิจารณ์ผลการทดลอง	54
5.1.1 ผลการหมักน้ำหมักเปลือกมังคุดและเนื้อมังคุดและสมบัติ	54
5.1.2 สมบัติของเซรามิกเมมเบรน การสร้างเครื่องกรองพีวีซีสีฟ้าและการทดสอบหาค่าฟลักซ์น้ำ	57
5.1.3 ผลการกรองน้ำหมักเปลือกมังคุดและเนื้อมังคุด สมบัติน้ำหมักหลังกรองด้วยเซรามิกเมมเบรน	58
5.1.4 การสร้างเครื่องกรองสแตนเลส และการทดสอบหาค่าฟลักซ์น้ำ	61
5.2 สรุปผลการทดลอง	61
เอกสารอ้างอิง	65
ภาคผนวก ก วัตถุดิบ วัสดุอุปกรณ์ และอาหารเลี้ยงเชื้อ	69
ภาคผนวก ข ผลวิเคราะห์ทางเคมี-กายภาพและสารต้านอนุมูลอิสระ	76
ภาคผนวก ค แบบทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส	80
ภาคผนวก ง มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำหมักพืช	82
ภาคผนวก จ ผลงานวิจัยที่นำเสนอและสิทธิบัตร	87

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	การเกิดอนุมูลอิสระ	13
2.2	สารต้านอนุมูลอิสระ	14
2.3	การไหลขวางของ Feed ผ่านเมมเบรน	17
2.4	อนุภาคต่างๆที่ไหลผ่านเมมเบรนในการกรองชนิดต่างๆ	18
3.1	(a) เปลือกมังคุด และ (b) เนื้อมังคุด ที่นำมาใช้ในขบวนการหมัก	20
3.2	(a) ลักษณะน้ำหมักเปลือกมังคุด (b) ลักษณะน้ำหมักเนื้อมังคุด	21
3.3	การหมัก (a) ถังหมักเปลือกมังคุด (b) ถังหมักเนื้อมังคุด	21
3.4	ไดอะแกรมและชุดทดสอบการกรองแบบไหลขวาง (Cross flow Filtration) ชนิด 1 ไส้กรอง	24
3.5	ไดอะแกรมเครื่องกรองพีวีซี (a) ชนิด 3 ไส้กรองขนาดกลาง และ (b) ชนิด 4 ไส้กรองขนาดเล็ก	25
3.6	การกรองน้ำหมักด้วยผ้าขาวบาง (a) น้ำหมักเปลือกมังคุด และ (b) น้ำหมักเนื้อมังคุด	25
3.7	ไดอะแกรมเครื่องกรองสแตนเลส (a) ชนิด 3 ไส้กรองขนาดกลาง และ (b) ชนิด 4 ไส้กรองขนาดเล็ก	27
4.1	ชุดการหมักน้ำหมักเปลือกมังคุด (a, b) และเนื้อมังคุด (c) ระยะเวลาการหมัก 6 เดือน	28
4.2	การเปลี่ยนแปลงปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในการหมักน้ำหมักเปลือกมังคุดและเนื้อมังคุด	29
4.3	การเปลี่ยนแปลงปริมาณแบคทีเรียผลิตแลกติกในการหมักน้ำหมักเปลือกมังคุดและเนื้อมังคุด	30
4.4	การเปลี่ยนแปลงปริมาณยีสต์ในการหมักน้ำหมักเปลือกมังคุดและเนื้อมังคุด	30
4.5	การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชในกระบวนการหมักน้ำหมักเปลือกมังคุดและเนื้อมังคุด	31
4.6	การเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้าในกระบวนการหมักน้ำหมักเปลือกมังคุดและเนื้อมังคุด	32
4.7	ปริมาณกรดทั้งหมดในกระบวนการหมักน้ำหมักเปลือกมังคุดและเนื้อมังคุด	32
4.8	ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในกระบวนการหมักน้ำหมักเปลือกมังคุดและเนื้อมังคุด	33
4.9	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ในกระบวนการหมักน้ำหมักเปลือกมังคุดและเนื้อมังคุด	34
4.10	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในกระบวนการหมักน้ำหมักเปลือกมังคุดและเนื้อมังคุด	34
4.11	ฤทธิ์ยับยั้ง *Escherichia coli* ของน้ำหมักเปลือกมังคุดและเนื้อมังคุด	36
4.12	ฤทธิ์ยับยั้ง *Bacillus cereus* ของน้ำหมักเปลือกมังคุดและเนื้อมังคุด	36
4.13	ฤทธิ์ยับยั้ง *Staphylococcus aureus* ของน้ำหมักเปลือกมังคุดและเนื้อมังคุด	36
4.14	ฤทธิ์ยับยั้ง *Salmonella* Typhi ของน้ำหมักเปลือกมังคุดและเนื้อมังคุด	37
4.15	ฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียทดสอบจากส่วนใส (culture filtrate) ของน้ำหมักเปลือกมังคุด (a) และเนื้อมังคุด (b)	37
4.16	ค่าฟลักซ์น้ำกับความดันของ (a) ไส้กรองขนาดกลางและ (b) ไส้กรองขนาดเล็ก	39
4.17	ลักษณะไส้กรองที่บรรจุอยู่ในเครื่องกรอง (a) ชนิด 3 ไส้กรองขนาดกลาง (b) ชนิด 4 ไส้กรองขนาดเล็ก และประกอบเป็นเครื่องกรอง (c) และ (d)	40
4.18	ค่าฟลักซ์น้ำกับความดันของเครื่องกรองท่อเดี่ยว (a) ขนาดกลาง (b) ไส้กรองขนาดเล็ก	40

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
4.19	(a) ปริมาตรกับเวลา (b) ฟลักซ์กับเวลา ของน้ำหมักชุด A B C และ D หลังกรองด้วยเครื่อกรองชนิด 1 ไส้กรอง	41
4.20	(a) น้ำหมักเปลือกมังคุดก่อนกรอง(ซ้าย)-หลังกรอง(ขวา) (b) น้ำหมักเนื้อมังคุดก่อนกรอง(ซ้าย)-หลังกรอง(ขวา)	41
4.21	(a) ปริมาตรกับเวลา (b) ค่าฟลักซ์กับเวลา ของน้ำหมักชุด B และ C หลังกรองด้วยเครื่องกรองชนิด 1 ไส้กรอง ซึ่งกรองครั้งที่ 1 และ 2	42
4.22	(a) ปริมาตรกับเวลา (b) ค่าฟลักซ์กับเวลา ของน้ำหมักชุด B และ C ที่กรองด้วยเครื่องกรองจากท่อพีวีซีที่ประกอบด้วยไส้กรองขนาดกลางและขนาดเล็ก จำนวน 3-4 ไส้กรอง	43
4.23	ค่าการกระจายตัวขนาดอนุภาคของน้ำหมัก (a) ชุด A ก่อนกรอง (b) ชุด A หลังกรอง (c) ชุด C ก่อนกรอง และ (d) ชุด C retentate	48
4.24	ลักษณะไส้กรองที่บรรจุอยู่ในเครื่องกรองสแตนเลส (a) ชนิด 3 ไส้กรองขนาดกลาง (b) ชนิด 4 ไส้กรองขนาดเล็ก (c) ประกอบเป็นเครื่องกรอง และ (d) ประกอบเครื่องกรองเข้ากับปั๊ม	50
4.25	ค่าฟลักซ์น้ำกับความดันของ (a) ไส้กรองขนาดกลางและ (b) ไส้กรองขนาดเล็ก	51
4.26	ปริมาตรน้ำกับเวลาของ (a) ไส้กรองขนาดกลางและ (b) ไส้กรองขนาดเล็ก และ ค่าฟลักซ์น้ำกับความดันของ (c) ไส้กรองขนาดกลาง (d) ไส้กรองขนาดเล็ก	52
4.27	ปริมาตรน้ำกับเวลาของ (a) ไส้กรองขนาดกลางและ (b) ไส้กรองขนาดเล็ก และค่าฟลักซ์น้ำกับความดันของ (c) ไส้กรองขนาดกลาง (d) ไส้กรองขนาดเล็ก	53

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	คุณค่าทางด้านโภชนาการของธาตุอาหารของผลมังคุด	11
3.1	วัสดุอุปกรณ์ประกอบเครื่องกรองจากท่อพีวีซีที่ประกอบด้วยไส้กรองขนาดกลางและขนาดเล็ก จำนวน 3 และ 4 ไส้กรอง	24
3.2	วัสดุอุปกรณ์ประกอบเครื่องกรองจากท่อสแตนเลสที่ประกอบด้วยไส้กรองขนาดกลางและขนาดเล็ก จำนวน 3 และ 4 ไส้กรอง	27
4.1	ผลการทดสอบสมบัติกายภาพของเซรามิกเมมเบรนสูตร 7B	38
4.2	ผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ในน้ำหมักชุด A B C และ D	44
4.3	สมบัติทางเคมี-กายภาพและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้ำหมักชุด A B C และ D	45
4.4	ฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์ของน้ำหมักชุด A B C และ D (เทคนิค Agar well method)	46
4.5	ปริมาณแอลกอฮอล์ของน้ำหมักชุด A B C และ D หลังกรอง วัดด้วยเครื่อง Gas Chromatograghy – Flame Ionization Detector (FID)	47
4.6	ค่าการกระจายตัวของขนาดอนุภาคของน้ำหมักเปลือกมังคุดและเนื้อมังคุดก่อนกรองและหลังกรองด้วยไส้กรองเซรามิก วัดด้วยเครื่อง Laser particle size analyzer (วัดขนาดอนุภาคตั้งแต่ 0.04 ถึง 2000 μm)	48
4.7	ผลทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำหมักเปลือกมังคุดและเนื้อมังคุดก่อนกรองและหลังกรองด้วยไส้กรองเซรามิก	50