

การทำแห้งเปลือกกล้วยด้วยเมมเบรนไคโตซานในปฏิกรณ์เวพออร์มิเอชัน

Drying of Banana Peel by Chitosan Membrane in Vapor Permeator

ดารารัตน์ ปากวิเศษ (Dararat Pakwiset)* ดร.จันทร์ทอง สุนทรภา (Dr.Khantong Soontarapa)**

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ใช้อุปกรณ์ที่ทำงานตามหลักกระบวนการเวพออร์มิเอชันของเทคโนโลยีเมมเบรนเรียกว่า “ปฏิกรณ์เวพออร์มิเอชัน” ในการดึงน้ำออกจากชีวมวล โดยในงานวิจัยนี้ศึกษาเปลือกกล้วย 2 ชนิด คือเปลือกกล้วยน้ำว้าและเปลือกกล้วยหอม และใช้เมมเบรนไคโตซานที่มีการเชื่อมขวางเชิงพาณิชย์ 2 ชนิด คือแบบเนื้อแน่นและแบบ คอมพอสิตบนผ้าสปันบอนด์ ผลการวัดค่ามุมสัมผัสแสดงว่าเมมเบรนแบบคอมพอสิตมีความชอบน้ำมากกว่า แบบเนื้อแน่น ทำให้สามารถกำจัดไอน้ำในอากาศที่ให้หมุนเวียนสัมผัสกับชีวมวลในปฏิกรณ์ได้ภายในเวลา 2 ชั่วโมง ทำให้ค่าความร้อนของเปลือกกล้วยน้ำว้าและเปลือกกล้วยหอมสูงขึ้น 34.4% และ 31.2% ตามลำดับ ที่ อัตราการไหลของอากาศเท่ากับ 25 ลิตรต่อนาที ผลการศึกษาพบว่าชนิดของเมมเบรนมีผลต่ออัตราการแห้งมากกว่า ชนิดของเปลือกกล้วย โดยมีลำดับของอัตราการแห้งจากมากไปน้อย คือ ใช้เมมเบรนคอมพอสิตกับเปลือกกล้วยน้ำว้า > ใช้เมมเบรนคอมพอสิตกับเปลือกกล้วยหอม > ใช้เมมเบรนเนื้อแน่นกับเปลือกกล้วยน้ำว้า > ใช้เมมเบรนเนื้อแน่นกับ เปลือกกล้วยหอม

ABSTRACT

Apparatus operating according to vapor permeation of membrane technology and called as “Vapor permeator” was used in this study to dry the biomass. Cultivate banana peel and Cavendish banana peel were selected as studied biomass. Commercial crosslinked dense and composite-on-spunbond chitosan membranes were studied. The contact angle results showed that the hydrophilicity of composite membrane was higher than the dense membrane. Its application in vapor permeator could dry the biomass within 2 hours. The heating values of Cultivate banana peel and Cavendish banana peel could be increased by 34.4% and 31.2%, respectively, at circulating air flow rate of 25 L/min. It was found that the influence of membrane type was higher than the banana type. The sequence of drying rate in the apparatus was as follows: composite membrane and Cultivate banana peel > composite membrane and Cultivate banana peel > composite membrane and Cavendish banana peel > dense membrane and Cavendish banana peel.

คำสำคัญ : เมมเบรนไคโตซาน การทำแห้ง ชีวมวล

Keywords: Chitosan membrane, Drying, Biomass

* นิสิต หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีเชื้อเพลิง คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

** รองศาสตราจารย์ สาขาวิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทนำ

พลังงานเชื้อเพลิงเป็นปัจจัยสำคัญในการตอบสนองความต้องการของประชาชนและเป็นปัจจัยพื้นฐานของ การผลิตในภาคธุรกิจ อุตสาหกรรม และอื่น ๆ อีกมากมาย ทำให้เชื้อเพลิงฟอสซิลซึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่ไม่สามารถ นำกลับมา ใช้ใหม่ได้อีก (Non-renewable energy resource) มีปริมาณลดน้อยลง จึงมีความสนใจพัฒนาเชื้อเพลิงทางเลือก เพื่อทดแทน เชื้อเพลิงฟอสซิลกันมากขึ้น ชีวมวล (Biomass) เช่น เศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร หรือกากจาก กระบวนการผลิตใน อุตสาหกรรมการเกษตร คือสารอินทรีย์ที่เป็นแหล่งกักเก็บพลังงานจากธรรมชาติที่สามารถ นำมาใช้ผลิตพลังงานได้ เพราะ ในขั้นตอนของการเจริญเติบโต พืชใช้คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำเปลี่ยนพลังงานจาก แสงอาทิตย์โดยผ่านกระบวนการ สังเคราะห์แสงได้แป้งและน้ำตาลแล้วกักเก็บไว้ตามส่วนต่าง ๆ ของพืช ดังนั้น เมื่อนำพืชมาเป็นเชื้อเพลิง จะได้พลังงาน ออกมา (<http://www.eegc-corp.com/project2>) แต่การนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิง ต้องได้รับการปรับปรุงและแปลงสภาพให้ มี คุณสมบัติ ในด้านค่าความร้อน (Heating Value) ความชื้น ขนาด และความหนาแน่น ให้เหมาะสมในการใช้เป็นเชื้อเพลิง ป้อนหม้อไอน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้าหรือความร้อน งานวิจัยนี้สนใจ การใช้เปลือกกล้วยเป็นแหล่งพลังงานทางเลือกจากขยะชีว มวล เนื่องจากพบและปลูกในทุกภูมิภาคของประเทศไทย มีการนำมบริโภคโดยตรงและบริโภคในรูปของผลิตภัณฑ์แปรรู ปมากมายหลากหลายรูปแบบ ทำให้มีเปลือกเหลือทิ้ง เป็นปริมาณมาก การนำเปลือกกล้วยมาใช้ประโยชน์เป็นเชื้อเพลิง ทางเลือกจึงช่วยลดปริมาณขยะและยังเป็นการเพิ่ม มูลค่าให้กับขยะทางการเกษตร แต่เนื่องจากเปลือกกล้วยมีองค์ประกอบ น้ำในเซลล์สูง ทำให้ต้องสูญเสียพลังงาน ความร้อนส่วนหนึ่งในการไล่ความชื้นในเปลือกกล้วยออกก่อนที่จะถูกไหม้เป็น เชื้อเพลิงให้ค่าพลังงานความร้อน ซึ่งวิธีกำจัดความชื้นมีหลายวิธี เช่น การตากแดด แต่มีข้อเสียคือไม่สามารถไล่ความชื้นได้ ต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน จากข้อจำกัดในเรื่องของช่วงเวลาของแสงแดดตามสภาพภูมิอากาศ และยังต้องใช้เวลายาวนาน เทคโนโลยีเมมเบรนเป็น ทางเลือกหนึ่งที่สนใจในงานวิจัยนี้ เพื่อใช้เป็นกระบวนการขั้นต้นในการดึงน้ำออกจากเซลล์ เปลือกกล้วยก่อนที่จะ นำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง เพราะสามารถแยกความชื้นออกด้วยเมมเบรนในปฏิกรณ์ได้อย่างต่อเนื่อง ในช่วงระยะเวลา ที่กำหนดได้โดยไม่ต้องคำนึงถึงสภาพภูมิอากาศ และสามารถทำในพื้นที่ที่มีอยู่อย่างจำกัดได้อีกด้วย เพื่อให้เกิดการพัฒนาที่ยั่งยืนลดการพึ่งพาวัสดุเมมเบรนนำเข้าจากต่างประเทศ งานวิจัยนี้สนใจใช้เมมเบรนไคโตซานที่ผลิต ในประเทศ ตั้งแต่วัตถุดิบตั้งต้นคือ ไคตินในเปลือกกุ้งผ่านกระบวนการผลิตกลายเป็น ไคโตซานและนำมาขึ้นรูปต่อยอดเป็น แผ่นเมมเบรน

ปฏิกรณ์เมมเบรนไคโตซานที่ใช้ในงานวิจัยนี้ทำงานตามหลักกระบวนการเวพออร์มิเอชัน (Vapor permeation) ในงานวิจัยนี้จึงเรียกว่า “ปฏิกรณ์เวพออร์มิเอชัน (Vapor permeator)” โดยให้มีการป้อนอากาศไหลผ่าน วัสดุเพื่อให้ น้ำ ระเหยออกจากวัสดุในรูปของไอน้ำมากขึ้น (Colomer-Mendoza et al., 2013; Sugni et al., 2005; Cai et al., 2013;) แล้วให้ อากาศชื้นแพร่ผ่านเมมเบรนออกไป แต่แรงขับเคลื่อนในการแพร่ผ่านเมมเบรน (Permeation driving force) ของกระบวนการนี้ คือความแตกต่างของความดันย่อย (Partial pressure) ทางด้านสารป้อนกับด้านเพอร์มิเอตของ เมมเบรน (จันทอง, 2547) จึง ต่อป้อนสุญญากาศทางด้านเพอร์มิเอตเพื่อสร้างแรงขับเคลื่อนให้เกิดการถ่าย โอนมวลมากขึ้น

วัตถุประสงค์การวิจัย

ศึกษาพารามิเตอร์ที่มีผลต่อกระบวนการดึงความชื้นออกจากเปลือกกล้วยหอมกับเปลือกกล้วยน้ำว้าด้วย เมมเบรนไคโตซานในปฏิกรณ์เวพออร์มิเอชัน

วิธีการวิจัย

วัสดุเมมเบรน

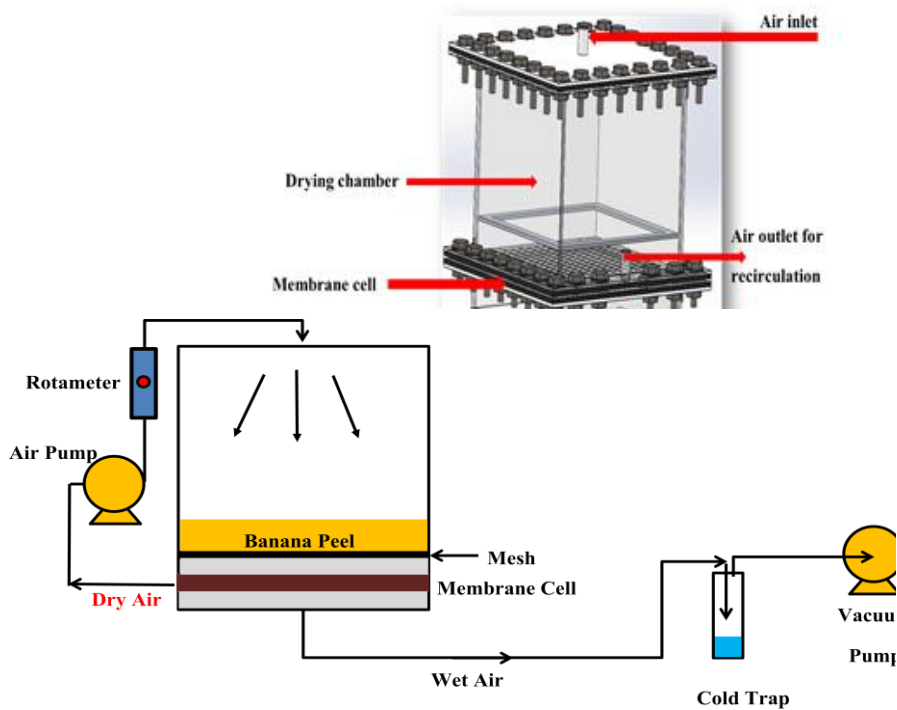
งานวิจัยนี้ใช้เมมเบรนไคโตซาน 2 ชนิด ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท เอส เอส เมมเบรน จำกัด คือ เมมเบรนแบบเนื้อแน่น (Dense membrane) และแบบคอมโพสิต (Composite membrane) บนผ้าสปันบอนด์ ชนิดที่ผ่าน การเชื่อมขวางด้วยกรดซัลฟิวริก

การศึกษาลักษณะสมบัติของเมมเบรน

ศึกษาความชอบน้ำของเมมเบรนจากค่ามุมสัมผัสโดยวัดค่ามุมสัมผัสแบบ Static Contact Angle ด้วยเครื่อง RAME-HART 200F1

อุปกรณ์การทดลอง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบการดึงความชื้นออกจากชีวมวลในงานวิจัยนี้แสดงในรูปที่ 1 ประกอบด้วย ห้องทำแห้ง (Drying chamber) สำหรับวางชีวมวลบนตะแกรงเป็นส่วนเนื้อเซลล์เมมเบรน เซลล์เมมเบรน และส่วนใต้เซลล์เมมเบรน ทั้งสามส่วนยึดติดกันเป็นหน่วยปฏิกรณ์ด้วยหน้าแปลน ใอน้ำที่ถูกอากาศเป่าออกจาก ชีวมวลแพร่ผ่านเมมเบรนเข้าไปในส่วนใต้เซลล์เมมเบรนที่ต่อกับปั๊มสุญญากาศซึ่งถูกดูดให้ผ่านที่ดักเย็น (Cold trap) เกิดการควบแน่นเหลืออากาศแห้งหมุนเวียนกลับเข้าไปในปฏิกรณ์โดยอาจให้ผ่านปั๊มอากาศ (Air pump) เพื่อสร้าง อัตราการไหลตามกำหนดก่อนกลับเข้าไปในห้องทำแห้ง โดยปกติระบบนี้ทำงานแบบระบบปิดหากไม่ต้องการ เพิ่มอากาศเข้าไปในปฏิกรณ์ แต่หากต้องการเพิ่ม อัตราการไหลหรือเมื่ออัตราการไหลต่ำกว่ากำหนด ก็สามารถเป่าอากาศจากภายนอกเข้าไปได้ เพื่อการควบคุมความชื้นของอากาศในปฏิกรณ์ ได้ให้อากาศหมุนเวียนกลับ (Recycled air) และอากาศเสริม (Makeup air) ผ่านหน่วยปรับความชื้นก่อนเข้าไปในปฏิกรณ์ด้วย



รูปที่ 1 ชุดทดสอบการดึงความชื้นออกจากชีวมวล
(บน) ลักษณะปฏิกรณ์เวเพอเพอร์มิเอชัน (ล่าง) ไดอะแกรมชุดทดสอบ

การศึกษาสมรรถนะการดึงความชื้นออกจากเปลือกกล้วย

งานวิจัยนี้ดำเนินการศึกษาพารามิเตอร์ที่มีผลต่อการดึงความชื้นออกจากชีวมวล ณ อุณหภูมิห้อง โดยใช้ น้ำหนักของเปลือกกล้วยเท่ากับ 20 กรัม ดังนี้ 1) ผลของความสำคัญการมีเมมเบรนที่อัตราการไหลเวียนของอากาศ ระหว่าง 1 ถึง 10 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 2 ชั่วโมง 2) ผลของอัตราการไหลเวียนของอากาศ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง 3) ผลของ ระยะเวลาการทำแห้งชีวมวลที่อัตราการไหลเวียนของอากาศ 25 ลิตรต่อนาที และ 4) ผลของชนิดเมมเบรนไคโตซาน และชนิดเปลือกกล้วย

ผลการวิจัย


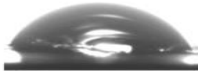
ผลการศึกษาความชอบน้ำของเมมเบรนไคโตซาน

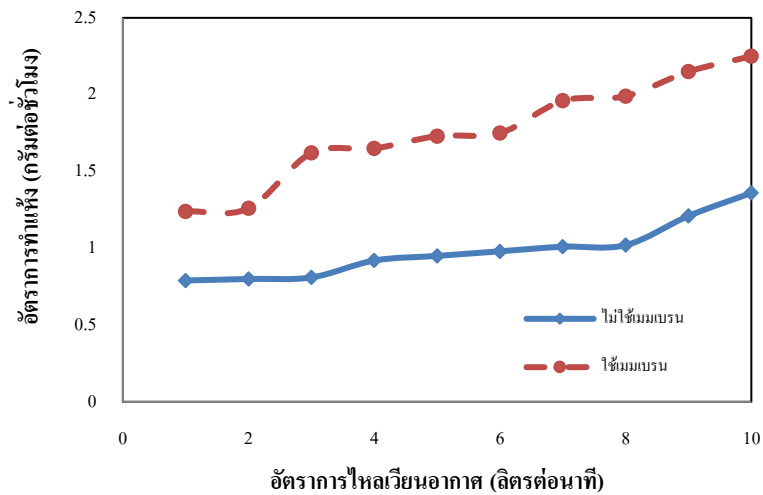
ความชอบน้ำของเมมเบรนในเทอมของค่ามุมสัมผัสแสดงในตารางที่ 1 ของเมมเบรนแบบเนื้อแน่นมีการ เชื่อมขวางและแบบคอมพอลิติกมีการเชื่อมขวางเท่ากับ 92.2 ± 1.1 และ 70.1 ± 1.7 องศา ตามลำดับ แสดงว่าเมมเบรนแบบ คอมพอลิติกชอบน้ำมากกว่าแบบเนื้อแน่น จึงเลือกใช้เมมเบรนแบบคอมพอลิติกในการศึกษาส่วนต่อไป และความชอบน้ำ ที่มากกว่าของเมมเบรนแบบคอมพอลิติกเป็นที่คาดหวังว่าจะทำให้ความสามารถในการดึงความชื้นออกจากเปลือกกล้วย สูงกว่าเมมเบรนแบบเนื้อแน่น

ผลการศึกษาสมรรถนะการดึงความชื้นออกจากเปลือกกล้วย

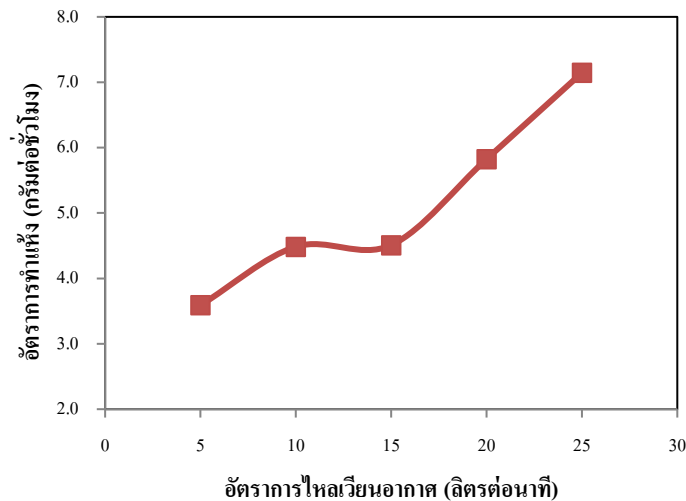
การศึกษาความสำคัญของการมีเมมเบรน ใน ปฏิกรณ์เวเพอเพอร์มิเอชัน ในรูปที่ 2 ซึ่งใช้เมมเบรนแบบคอมพอลิติก แสดงว่าเมมเบรนไคโตซานช่วยในการดึงน้ำออกจากชีวมวลได้ดีกว่าแบบไม่ได้ใช้เมมเบรน เพราะไคโตซานคือพอลิเมอร์ของ D-glucosamine 2-amino-deoxy-D-glucose ซึ่งมีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) และหมู่เอมีน (-NH₂) ในโครงสร้าง ทำให้มีสมบัติชอบน้ำ ไอน้ำในอากาศที่คายออกจากเปลือกกล้วยจึงชอบที่จะไปสะสมบนผิวหน้า ของเมมเบรนและแพร่ผ่านเมมเบรนออกไป ทำให้อากาศที่สัมผัสกับชีวมวลในปฏิกรณ์มีความชื้นต่ำ ความชื้นในชีวมวลจึงสามารถระเหยออกมาได้มากขึ้น

ตารางที่ 1 ผลการวัดค่ามุมสัมผัสของเมมเบรนไคโตซาน

ชนิดเมมเบรนไคโตซานเชื่อมขวาง	ค่ามุมสัมผัส (องศา)	ภาพถ่ายมุมสัมผัส
แบบเนื้อแน่น	92.2 ± 1.1	
แบบคอมพอลิติก	70.1 ± 1.7	



รูปที่ 2 ผลการศึกษาความสำคัญของการมีเมมเบรนในปฏิกรณ์เวเพอเพอร์มิเอชัน

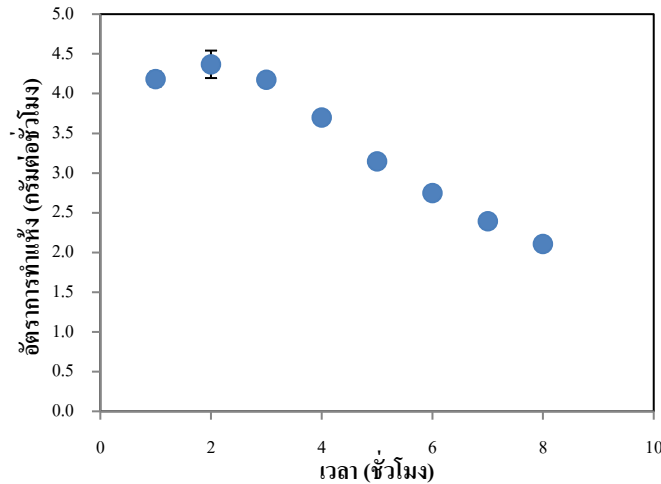


รูปที่ 3 ผลของอัตราการไหลเวียนของอากาศในปฏิกรณ์เวเพอเพอร์มิเอชันเป็นเวลา 2 ชั่วโมง

รูปที่ 3 แสดงผลของอัตราการไหลเวียนของอากาศในปฏิกรณ์เวเพอเพอร์มิเอชันที่ใช้เมมเบรนแบบคอมพอสิตเป็นเวลา 2 ชั่วโมง พบว่าอัตราการทำแห้งชีวมวลสูงขึ้นตามอัตราเร็วของอากาศที่สูงขึ้น โดยอัตราการไหลเวียนของอากาศที่ 25 ลิตร/นาที (ความสามารถสูงสุดของปั๊มอากาศในงานวิจัยนี้) เป็นอัตราการไหลเวียนที่ให้อัตราการทำแห้งสูงที่สุดที่อัตราการไหลเวียนอากาศสูงๆ จะช่วยพาความชื้นจากเปลือกกล้วยได้เร็วขึ้น เนื่องจากความเร็วของอากาศที่ไหลเวียนช่วยให้พลังงานจลน์ของโมเลกุลสูงขึ้น เมื่อพลังงานจลน์สูงมากกว่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลน้ำทำให้เกิดการระเหยของโมเลกุลน้ำได้มากกว่าปกติเพื่อทำให้เกิดความสมดุล งานวิจัยนี้จึงเลือกใช้ อัตราการไหลเวียนของอากาศที่ 25 ลิตร/นาที ในการศึกษาต่อไป

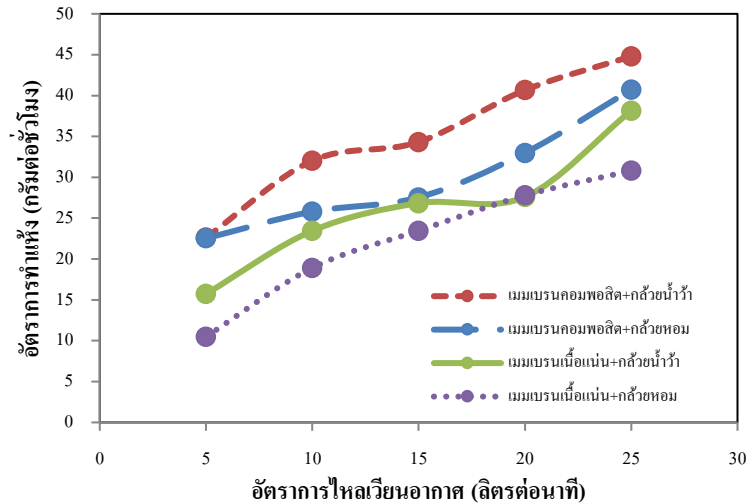
รูปที่ 4 แสดงผลของระยะเวลาการทำแห้งชีวมวลในปฏิกรณ์เวเพอเพอร์มิเอชันที่ใช้เมมเบรนแบบคอมพอสิตที่อัตราการไหลเวียนของอากาศ 25 ลิตร/นาที พบว่าระยะเวลา 2 ชั่วโมง ให้อัตราการทำแห้งชีวมวลสูงสุด อธิบายได้ว่าในช่วงระยะเวลา 1 ถึง 2 ชั่วโมงแรกของการดำเนินการ ความชื้นในชีวมวลเริ่มต้นมีค่าสูง ทำให้มีการระเหยออกจากชีวมวลได้มาก เมมเบรนสามารถทำหน้าที่แยกไอน้ำออกจากอากาศได้เต็มความสามารถ ทำให้ได้อัตราการทำแห้งสูงที่สุดที่

ชั่วโมงที่สอง แต่เมื่อระยะเวลาการทำแห้งนานขึ้น ความชื้นในชีวมวลลดน้อยลงทำให้ความชื้นในอากาศ ลดน้อยลงด้วย ผลของเมมเบรน ในการแยกไอน้ำออกจากอากาศจึงลดลงด้วย ดังนั้น ระยะเวลาการทำแห้งในปฏิกรณ์เวพออร์มีเอชัน 2 ชั่วโมง จึงเป็นระยะเวลาที่เหมาะสม



รูปที่ 4 ผลของระยะเวลาการทำแห้งชีวมวลที่อัตราการไหลเวียนของอากาศ 25 ลิตร/นาที ด้วยเมมเบรนแบบคอมพอสิต

รูปที่ 5 แสดงความแตกต่างของผลการทำแห้งในปฏิกรณ์เวพออร์มีเอชันเป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง ระหว่างเปลือกกล้วยหอมและเปลือกกล้วยน้ำว้า และระหว่างเมมเบรนไคโตซานแบบเนื้อแน่นและแบบคอมพอสิตบนผ้าสปันบอนด์ ที่อัตราการไหลเวียนของอากาศในช่วง 5 ถึง 25 ลิตรต่อนาที พบว่าเมมเบรนแบบคอมพอสิตให้อัตรา การทำแห้งสูงกว่าเมมเบรนแบบเนื้อแน่น เนื่องจากมีความชอบน้ำมากกว่าแบบเนื้อแน่น ทำให้สามารถแยกโมเลกุลน้ำ ออกจากมวลอากาศได้มากกว่า และพบว่าสามารถดึงความชื้นออกจากเปลือกกล้วยน้ำว้าได้มากกว่าเปลือกกล้วยหอม เพราะโดยปกติแล้วเปลือกกล้วยหอมมีความหนามากกว่า ทำให้โมเลกุลน้ำที่แทรกอยู่ในเปลือกถูกดึงออกมาได้ยากกว่าเปลือกกล้วยน้ำว้าที่บางกว่า เมื่อเทียบผลทั้งสิ้นแล้วแสดงว่าเมมเบรนมีผลต่อการทำแห้งชีวมวลมากกว่าชนิดของ เปลือกกล้วย โดยมีลำดับผลการทำแห้งจากมากไปน้อยดังนี้ ใช้เมมเบรนคอมพอสิตกับเปลือกกล้วยน้ำว้า > ใช้เมมเบรนคอมพอสิตกับเปลือกกล้วยหอม > ใช้เมมเบรนเนื้อแน่นกับเปลือกกล้วยน้ำว้า > ใช้เมมเบรนเนื้อแน่นกับเปลือกกล้วยหอม และพบว่าอัตราการไหลเวียนอากาศที่ 25 ลิตรต่อนาที ให้อัตราการทำแห้งชีวมวลสูงสุด เนื่องจากความชื้น ในชีวมวลสามารถระเหยออกสู่อากาศที่สัมผัสได้มากขึ้นตามอัตราการไหลเวียนอากาศที่สูงขึ้น



รูปที่ 5 ผลของชนิดเมมเบรนและชนิดเปลือกกล้วยต่ออัตราการทำแห้ง

ความชื้นในเปลือกกล้วยที่ลดลงทำให้ได้ค่าความร้อนสูงขึ้นดังแสดงในตารางที่ 2 โดยเปลือกกล้วยน้ำว้า (Cultivated banana) และเปลือกกล้วยหอม (Cavendish banana) มีค่าความร้อนเริ่มต้นเท่ากับ 14.32 และ 14.22 เมกะจูล/กิโลกรัม ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ค่าความร้อนของเปลือกกล้วยจากการทำแห้งในปฏิกรณ์เวพออร์มิเอชันเป็นเวลา 2 ชั่วโมง

หน่วย : เมกะจูล/กิโลกรัม

Air flow rate (L/min)	Cultivated banana		Cavendish banana	
	Composite membrane	Dense membrane	Composite membrane	Dense membrane
5	17.78	16.10	17.34	15.46
10	18.73	16.13	18.40	15.85
15	18.74	16.49	18.44	15.89
20	18.93	16.51	18.53	15.97
25	19.24	17.04	18.66	16.60

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

เมมเบรนโพลีเอทิลีนคอมโพสิตบนผ้าสปันบอนด์ (Composite membrane) มีความชอบน้ำมากกว่าแบบเนื้อแน่น (Dense membrane) เมื่อนำไปใช้ในปฏิกรณ์เวพออร์มิเอชัน ทำให้สามารถแยกไอน้ำออกจากอากาศที่หมุนเวียนสัมผัสกับชีวมวลในปฏิกรณ์ ทำให้ชีวมวลแห้งในเวลา 2 ชั่วโมง โดยสามารถเพิ่มค่าความร้อนของเปลือกกล้วยน้ำว้าและเปลือกกล้วยหอมให้สูงขึ้นได้ 34.4% และ 31.2% ตามลำดับ ที่อัตราการไหลของอากาศเท่ากับ 25 ลิตร ต่อนาที ผลการศึกษาพบว่าชนิดของเมมเบรนมีผลต่ออัตราการทำแห้งมากกว่าชนิดของเปลือกกล้วย โดยมีลำดับของ อัตราการทำแห้งจากมากไปน้อยดังนี้ > ใช้เมมเบรนคอมโพสิตกับเปลือกกล้วยน้ำว้า > ใช้เมมเบรนคอมโพสิตกับเปลือกกล้วยหอม > ใช้เมมเบรนเนื้อแน่นกับเปลือกกล้วยน้ำว้า > ใช้เมมเบรนเนื้อแน่นกับเปลือกกล้วยหอม สรุปได้ว่า สามารถใช้ปฏิกรณ์เวพออร์มิเอชันเป็นกระบวนการขั้นต้นในการดึงน้ำออกจากเซลล์เปลือกกล้วยก่อนที่จะนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง แทนการให้ความร้อนแบบวิธี

ดั้งเดิม เช่น การอบด้วยตู้อบไฟฟ้า (Hot air oven) เนื่องจากตู้อบไฟฟ้าใช้พลังงานประมาณ 600 วัตต์ ซึ่งมากกว่าการทำแห้งเปลือกกล้วยในปฏิกรณ์เวเพอเพอร์มิเอชัน ซึ่งใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 350 วัตต์

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัท เอส เอส เมมเบรน จำกัด และทุนวิจัยจากศูนย์ส่งเสริมการวิจัยในภูมิภาคเอเชียของมูลนิธิเกาหลีเพื่อการศึกษาขั้นสูง ณ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอกสารอ้างอิง

ชั้นทอง สุนทรภา. เทคโนโลยีการแยกด้วยเมมเบรน. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2547.

บริษัท อีโค เอ็นเนอร์ยี กรุ๊ป คอร์ปอเรชั่น จำกัด. โรงงานไฟฟ้าพลังงานชีวมวล [ออนไลน์] 2557 [อ้างเมื่อ 7 กุมภาพันธ์ 2560]. จาก <http://www.eegc-corp.com/project2>

Cai L, Chen TB, Gao D, Guo D, Zheng GD, Liu HT, Pan TH. Influence of forced air volume on water evaporation during sewage sludge bio-drying. *Water Research* 2013; 47(13): 4767–4773.

Colomer-Mendoza FJ, Herrera-Prats L, Robles-Martínez F, Gallardo-Izquierdo A, Piña-Guzmán AB. Effect of airflow on biodrying of gardening wastes in reactors. *Journal of Environmental Sciences* 2013; 25(5): 865-872.

Sugni M, Calcaterra E, Adani F. Biostabilization–biodrying of municipal solid waste by inverting air flow. *Bioresource Technology* 2005; 96(12): 1331-1337.