

การผลิตเอทานอลและการนำของเสีย
จากอุตสาหกรรมเอทานอลไปใช้ประโยชน์
The Production of Ethanol and the Utilization
of Wastes from Ethanol Industry

โอภาส ชูบุตร¹ และกนกพร สังขรักษ์^{2*}
Aophat Choonut¹ and Kanokphorn Sangkharak^{2*}

บทคัดย่อ

น้ำมันเชื้อเพลิงเป็นปัจจัยสำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศ ในปัจจุบันประเทศไทยมีความต้องการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในปริมาณที่มากขึ้น ส่งผลให้ราคาน้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มสูงขึ้น ปริมาณของน้ำมันดิบจากธรรมชาติก็ลดน้อยลง ดังนั้นการหาพลังงานทดแทนจึงเป็นเรื่องที่จำเป็นอย่างเร่งด่วน เอทานอลเป็นพลังงานทดแทนรูปแบบหนึ่งที่ได้รับ ความนิยมสูง กระบวนการผลิตเอทานอลเกิดจากการหมักวัตถุดิบประเภทพืช หรือผลพลอยได้จากอุตสาหกรรม การผลิตเอทานอลส่วนใหญ่ใช้วัตถุดิบภายในประเทศ เช่น กากน้ำตาล และมันสำปะหลัง เอทานอลสามารถนำมาใช้เป็น เชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันเบนซินหรือดีเซลได้ ประโยชน์ของการใช้เอทานอล จะช่วยลดการนำเข้าน้ำมันดิบจากต่างประเทศ และช่วยเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกร อย่างไรก็ตาม การผลิตเอทานอลจะเกิดปัญหาการจัดการของเสียจากกระบวนการผลิต เช่น ฟิวเซลอยล์ คาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำเสีย (น้ำกากส่า) แต่จากการรวบรวมข้อมูลพบว่า ของเสียเหล่านี้สามารถ นำมาใช้ประโยชน์ได้ เช่น น้ำเสียนำมาผลิตก๊าซมีเทน และกรดแลคติกได้ เป็นต้น บทความวิชาการนี้ได้รวบรวมข้อมูล ตั้งแต่กระบวนการผลิตเอทานอล และการนำของเสียจากกระบวนการผลิตไปใช้ประโยชน์ เพื่อส่งเสริมให้เกิดความยั่งยืน ในกระบวนการผลิตเอทานอล และลดปัญหาสิ่งแวดล้อมที่จะเกิดขึ้นจากของเสียดังกล่าว

คำสำคัญ: น้ำกากส่า น้ำเสีย ฟิวเซลอยล์ เอทานอล

¹ นิสิตบัณฑิตศึกษา สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

² รศ.ดร., สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

* Corresponding author: e-mail: skanokphorn@yahoo.com Tel./Fax: 0-76-609-634

Abstract

Fuel has become one of the key energy strategies in many countries because of its economic indicator. Nowadays, the demand of energy in Thailand is increasing day by day. However, fossil fuels and non-renewable sources such as natural gas, oil and coal have been highly priced and rapidly consumed. Therefore, sustainable energy is urgently required. Ethanol, the most well-known alternative energy, is being used in various countries. Normally, ethanol is generated from biomass and industrial wastes. However, molasses and cassava are the main sources of ethanol production in Thailand. Ethanol is a renewable fuel which can replace fossil fuels and reduce fossil fuel imports. Even though the bioethanol process produces unpleasant wastes such as fusel oil, CO₂ and liquid stillage, the waste from the bioethanol process can be re-utilized to make valuable product such as methane and lactic acid production from wastewater. This study reported the process of bioethanol, wastes and the utilization of wastes from the bioethanol process as a way of reducing environmental impacts and seeking powerful approaches for bioethanol sustainability.

Keywords: Liquid Stillage, Waste Water, Fusel Oil, Ethanol.

อุตสาหกรรมเอทานอล

อุตสาหกรรมเอทานอลเป็นอุตสาหกรรมที่สำคัญ นอกจากจะเป็นการสร้างแหล่งพลังงานของประเทศเพื่อทดแทนพลังงานส่วนหนึ่งที่ต้องนำเข้าแล้วการผลิตเอทานอลจากวัตถุดิบทางการเกษตรของประเทศไทย เช่น อ้อย และมันสำปะหลัง ยังนับว่าเป็นการสร้างเสถียรภาพของราคาคาผลิตผลทางการเกษตรของประเทศด้วย ซึ่งจะมีส่วนช่วยเสริมสร้างความมั่นคงทางเศรษฐกิจให้กับเกษตรกร ข้อมูลการใช้พลังงานของประเทศจากกระทรวงพลังงานในปี พ.ศ. 2550 พบว่า การใช้พลังงานภาคขนส่งปัจจุบัน คิดเป็น 37 เปอร์เซ็นต์ของการใช้พลังงานทั้งหมด โดยมีมูลค่ารวมเท่ากับ 380,000 ล้านบาท ซึ่งส่วนใหญ่เป็นค่าน้ำมันเชื้อเพลิงนำเข้าจากต่างประเทศ เอทานอลในประเทศไทยมีจุดเริ่มต้นที่ภาคเกษตรกรรมโดยวัตถุดิบที่สำคัญได้แก่ กากน้ำตาล หรือมันสำปะหลังในรูปมันสด หรือมันเส้นและยีสต์ [1] ส่วนสารเคมีที่จำเป็น ได้แก่ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) กรดซัลฟูริก (H₂SO₄) ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต [(NH₄)₂HPO₄] แอมโมเนียมซัลเฟต [(NH₄)₂SO₄] ยูเรีย (NH₂CONH₂) เอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (α-amylase) เอนไซม์กลูโคอะไมเลส (Glucoamylase) และสารลดการเกิดฟอง

กรรมวิธีการผลิต และเครื่องจักรที่สำคัญ

การผลิตเอทานอลมี 2 วิธีการหลักๆ คือ

(1) การสังเคราะห์โดยใช้วัตถุดิบเป็นสารเคมีคือ เอทิลีน (Ethylene) จะเรียกว่า เอทานอลสังเคราะห์ (Synthetic ethanol) ข้อดีของวิธีการนี้คือ ปฏิกิริยาเกิดขึ้นได้รวดเร็วและให้ความถูกต้องที่สามารถคำนวณได้อย่างใกล้เคียงหรือแน่นอน และผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความบริสุทธิ์ค่อนข้างสูง สำหรับข้อเสียของวิธีการนี้ จำเป็นต้องใช้สารเคมีที่จำเพาะทำให้มีราคาค่อนข้างสูง และทำให้เกิดสารเคมีตัวอื่นปนเปื้อนในระหว่างการผลิตเอทานอลที่ได้จากกระบวนการนี้จึงไม่สามารถใช้ในการบริโภคได้ [2]

(2) การสังเคราะห์ทางชีวภาพ (การหมัก) โดยใช้วัตถุดิบทางการเกษตรที่มีแป้ง น้ำตาลหรือเส้นใย เป็นแหล่งคาร์บอนให้แก่จุลินทรีย์ได้ผลผลิตเป็นไบโอเอทานอล (Bio-ethanol) ในประเทศไทยโรงงานผลิตเอทานอลจะใช้วิธีการหมัก

Thaksin.J., Vol.19 (2) July-December 2016

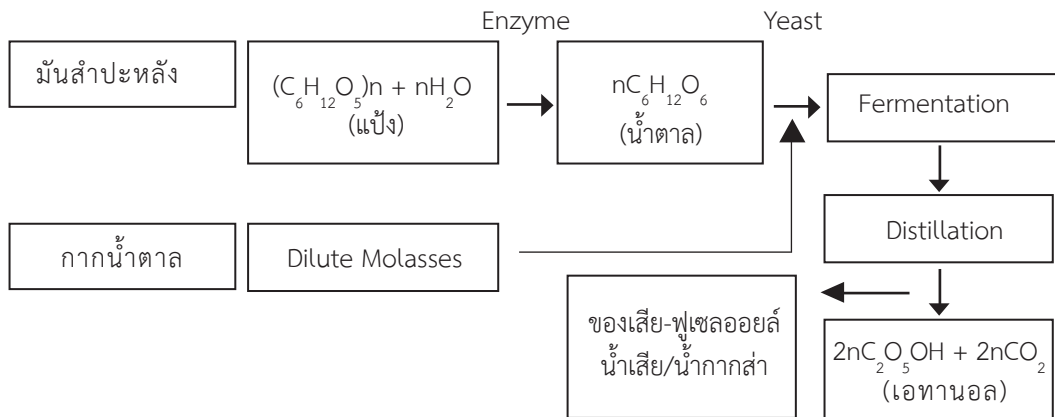
โดยใช้วัตถุดิบหลักอยู่ 2 ชนิดคือ กากน้ำตาล และมันสำปะหลัง กรรมวิธีการผลิตมีขั้นตอนหลักที่คล้ายคลึงกันคือ การจัดเตรียมวัตถุดิบ การแปลงวัตถุดิบให้เป็นน้ำตาล การหมัก การกลั่นและการเพิ่มความบริสุทธิ์ ข้อดีของวิธีการนี้คือ วัตถุดิบที่จะนำมาใช้ในวิธีการนี้สามารถหาได้ง่าย เนื่องจากเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรและมีราคาต่ำ สำหรับข้อเสียคือ กระบวนการสังเคราะห์จะเกิดขึ้นอย่างช้าๆ อีกทั้งถ้าต้องการผลผลิตในปริมาณมากจำเป็นต้องใช้ระบบการผลิตขนาดใหญ่ ทำให้เพิ่มต้นทุนที่สูงขึ้น และถ้าวัตถุดิบที่จุลินทรีย์ไม่สามารถใช้ได้โดยตรงต้องทำการปรับสภาพเสียก่อน ซึ่งทำให้ยุ่งยากและเสียค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้น [2]

การเตรียมวัตถุดิบ สำหรับมันสำปะหลังจะเป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงให้เป็นน้ำตาลก่อนเข้าสู่กระบวนการหมัก การย่อยแปรรูปออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ การย่อยแปรรูปให้เหลวก่อน (Liquefaction) ได้เป็นเดกซ์ทริน (Dextrin) แล้วจึงย่อยอีกครั้งให้ได้น้ำตาล (Saccharification) แล้วจึงเข้าสู่กระบวนการหมักโดยใช้ยีสต์ ส่วนการใช้กากน้ำตาลเป็นวัตถุดิบต้องผ่านการปรับสภาพวัตถุดิบก่อนเข้าสู่การหมักโดยการเติมกรดกำมะถัน เพื่อให้สิ่งเจือปนตกตะกอนและแยกออกโดยผ่านเครื่องแยกตะกอน (Decanter) จากนั้นจึงเจือจางกากน้ำตาลที่ผ่านการแยกสิ่งเจือปนแล้วกับน้ำร้อนในถังผสม เพื่อให้มีภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงยีสต์และการหมักต่อไป

การหมัก ขั้นนี้เป็นการเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์โดยใช้ยีสต์ จะได้แอลกอฮอล์ที่มีความบริสุทธิ์ประมาณ 8-10 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และคาร์บอนไดออกไซด์ ในทางปฏิบัติมีน้ำตาล ประมาณ 95 เปอร์เซ็นต์เท่านั้นที่เปลี่ยนเป็นเอทานอลส่วนที่เหลือยีสต์จะใช้ในการเจริญและสร้างสารอื่น ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) อะเซทิลไฮโดร (C₂H₄O) กรดอะซิติก (CH₃COOH) กลีเซอริน [C₃H₅(OH)₃] กรดแลคติก (C₃H₆O₃) กรดซัคซินิก (C₄H₆O₄) ฟิวเซลอยล์ (Fusel Oil) และเฟอฟูรอล (C₅H₄O₂) อีกเล็กน้อย

การกลั่น ประกอบด้วยการกลั่น 2 ครั้ง การกลั่นครั้งแรกได้เอทานอลที่มีความเข้มข้นประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร สำหรับในการกลั่นครั้งที่สองเพื่อเพิ่มความบริสุทธิ์ของแอลกอฮอล์ให้ได้ประมาณ 93-95 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร

การเพิ่มความบริสุทธิ์ หรือการแยกน้ำจะทำโดยผ่านเอทานอลเข้าสู่เครื่องดูดความชื้นทำให้ได้เอทานอลความเข้มข้นประมาณ 99.5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ซึ่งเป็นความเข้มข้นสำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิง หลังจากนั้นเอทานอลจึงถูกส่งไปเก็บยังถังกักเก็บขนาดใหญ่โดยใช้ก๊าซไนโตรเจนหล่ออยู่บนผิวหน้าของเอทานอล เพื่อป้องกันเอทานอลดูดความชื้นในอากาศเหนือผิวหน้าในถังกักเก็บและส่งผลกระทบต่อคุณภาพของเอทานอล กระบวนการผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลและมันสำปะหลัง รวมทั้งผลผลิต และของเสียที่เกิดขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กระบวนการผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาล และมันสำปะหลัง รวมทั้งผลผลิต และของเสียที่เกิดขึ้น

Thaksin.J., Vol.19 (2) July-December 2016

เทคโนโลยีการผลิตเอทานอลในปัจจุบัน

(1) “BIOSTIL” เป็นเทคโนโลยีการผลิตที่พัฒนาโดย Alfa-Laval AB. ประเทศสวีเดน จุดเด่นของเทคโนโลยีนี้คือ ใช้ยีสต์สายพันธุ์พิเศษ *Schizosaccharomyces pombe* ซึ่งสามารถใช้กากน้ำตาลที่ความเข้มข้นสูง 40-45°Brix ได้ ซึ่งความเข้มข้นน้ำตาลสูงจะทำให้เกิดการปนเปื้อนของเชื้ออื่นได้น้อย ซึ่งภายหลังการหมักสิ้นสุด สารละลายที่ได้ จะผ่านเข้าเครื่องเหวี่ยงความเร็วสูง แยกคริมยีสต์ออกมาหมุนเวียนกลับเข้าถังหมักใหม่ ซึ่งยีสต์มีการเจริญเติบโตเต็มที่แล้ว จึงไม่ต้องเติมสารอาหารเข้าในระบบและยังได้ผลผลิตสูง นอกจากนี้ระบบใช้ถังหมักเพียงถังเดียว ทำให้ใช้พื้นที่น้อย ระบบควบคุมอัตโนมัติ ทำให้ง่ายต่อการควบคุม ใช้เครื่องมือน้อยทำให้ต้นทุนคงที่ต่ำ แต่ความเข้มข้นของเอทานอลเพียง 5-7 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร เท่านั้น ทำให้ต้องใช้พลังงานมากในการกลั่น

(2) “HIFERM-GR” หรือ “CASCADE” เป็นระบบที่พัฒนาโดยบริษัท Vogelbusch Ges.m.b.H. ประเทศออสเตรีย โรงงานที่ใช้เทคโนโลยีกระจายอยู่ในทวีปยุโรป อินโดนีเซีย สหรัฐอเมริกาและแคนาดา เป็นต้น จุดเด่นของเทคโนโลยีนี้คือ ประสิทธิภาพในการหมักสูงร้อยละ 90 ได้เอทานอลที่มีความเข้มข้นสูงร้อยละ 8.5-9.5 โดยน้ำหนัก ทำให้ใช้พลังงานในการกลั่นต่ำ ต้นทุนการผลิตต่ำ ทนต่อเกลือแคลเซียมที่ความเข้มข้นสูงและเวลาที่ใช้ในการหมักต่ำ

(3) “HOECHST-UHDE” จุดเด่นของเทคโนโลยีนี้คือ ยีสต์ที่ใช้เป็นชนิดลอยตัวขึ้น (Flocculating yeast) และถังหมักเป็นชนิด Loop Reactor ซึ่งทำให้การหมักสิ้นสุดรวดเร็วและรักษาความเข้มข้นของยีสต์ให้สูงสุดตลอดการหมัก จะได้ความเข้มข้นของเอทานอล 7.5-8.0 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ข้อดีและข้อเสียของระบบนี้เหมือนระบบ BIOSTIL

(4) “LURGI” พัฒนาโดย Messrs. LURGI เป็นระบบต่อเนื่องที่ใช้ถังหมัก 6 ถังเรียงกัน ซึ่งภายในมียีสต์ที่ตรึงไว้บน Immobilized Yeast วัตถุประสงค์จะไหลเข้าถังหมักที่ 1 ความเข้มข้นของเอทานอลจะสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องและน้ำหมักที่ออกจากถังหมักที่ 6 จะเข้ากระบวนการกลั่นต่อไป ยีสต์ในแต่ละถังจะมีการปรับตัวให้เข้ากับความเข้มข้นของเอทานอลอย่างไรก็ตามข้อจำกัดของเทคโนโลยีนี้คือ จะต้องมีการเติมสารอาหารให้ยีสต์ ในแต่ละถังเจริญเติบโต เนื่องจากสารอาหารบางส่วนจะออกมาพร้อมกับน้ำหมักและต้องไม่ให้มีซูโครสออกมาด้วย เนื่องจากจะทำให้ผลผลิตที่ได้ลดลง [3]

ผลิตภัณฑ์ และของเสียจากอุตสาหกรรมเอทานอล

ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการผลิตคือ เอทานอลมีความเข้มข้นไม่น้อยกว่า 99.5 เปอร์เซ็นต์ ส่วนใหญ่จะผลิตให้ได้ความเข้มข้นประมาณ 99.8 เปอร์เซ็นต์ โดยในกระบวนการผลิตจะมีของเสียที่เกิดขึ้นคือ ฟูเซลแอลกอฮอล์ คาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำเสีย จากภาพที่ 1 พบว่า น้ำตาลกลูโคส 100 ปอนด์ จะสามารถเปลี่ยนเป็นเอทานอลได้ 51.1 ปอนด์ และเป็น คาร์บอนไดออกไซด์ถึง 48.9 ปอนด์ ของเสียเหล่านี้นำมาใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตสินค้าอื่นภายในโรงงานเอง แต่มีการนำไปใช้เป็นตัวเติมในโรงงานอื่น เช่น โรงงานปุ๋ยของบริษัทปุ๋ยไบโอเนค จำกัด ซึ่งรับเอากากสาขั้ว กากสาไธส ซี๊เล้าก้อน ซี๊เล้าผงและฟูเซลแอลกอฮอล์จากโรงงานสุรามาผลิตเป็นปุ๋ยอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ สารเร่งทำปุ๋ยหมักจุลินทรีย์ป้องกันโรคพืช จุลินทรีย์ปรับปรุงคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้ง การนำน้ำกากสาขั้วกลับมาเลี้ยงปลา การใช้รดถนนในหน้าร้อนเพื่อลดปริมาณฝุ่นและใช้แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์กำจัดกลิ่นในเครื่องสุขภัณฑ์ เป็นต้น

การใช้ประโยชน์จากของเสียอุตสาหกรรมเอทานอล

ฟูเซลแอลกอฮอล์ สามารถนำไปแปรรูปเป็นแอลกอฮอล์ผสม ทำกาวน้ำหอมบางชนิด ใช้เป็นยาฆ่าแมลงและยาฆ่าวัชพืช แต่ในประเทศไทยยังไม่มีการใช้ประโยชน์จากฟูเซลแอลกอฮอล์

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อทำให้บริสุทธิ์สามารถแปรรูปไปใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องทำความเย็น น้ำอัดลม โซดา น้ำแข็งแห้งและอุปกรณ์ดับเพลิง แต่เนื่องจากการทำให้บริสุทธิ์ต้องใช้เทคโนโลยีที่มีราคาสูงทำให้ไม่คุ้มค่านำไปดำเนินการ เศรษฐศาสตร์ ในปัจจุบันจึงยังไม่มีโรงงานใดติดตั้งระบบเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาใช้ประโยชน์

น้ำกากส่า เป็นน้ำทิ้งที่ออกจากหอกลิ้น โดยวัตถุดิบที่ใช้ในการหมักแอลกอฮอล์ จะใช้กากน้ำตาล ซึ่งน้ำกากส่า จัดเป็นน้ำเสียเข้มข้นที่มีสารอินทรีย์ปริมาณสูง และยังมีสารประกอบจำพวก ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม [4] น้ำกากส่ายังไม่มีนำไปใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลาย เนื่องจากเมื่อพิจารณาจากองค์ประกอบของน้ำกากส่าจะพบว่า น้ำกากส่ามีองค์ประกอบต่าง ๆ ที่ซับซ้อน ฉะนั้นการที่จะนำมาใช้ประโยชน์ทางด้านจุลชีววิทยาที่ต้องอาศัยจุลินทรีย์ที่มีความสามารถเฉพาะตัวในการที่จะใช้น้ำกากส่าเป็นวัตถุดิบและให้ผลผลิตอื่น ๆ อย่างไรก็ตามมีผู้นำน้ำกากส่ามาใช้ประโยชน์บ้างดังต่อไปนี้ [5]

การนำน้ำกากส่ามาใช้ประโยชน์ในรูปของปุ๋ย โดยอาจจะนำไปใช้โดยตรง หรือผ่านกระบวนการแปรรูป เช่น ประเทศบราซิล ได้มีการนำน้ำกากส่าไปใช้กับไร้อ้อย ซึ่งนอกจากจะทำให้ผลผลิตอ้อยเพิ่มขึ้นเป็น 3 เท่า ยังช่วยเพิ่มความหวานของอ้อยอีกด้วยและการนำน้ำกากส่าไปใช้ประโยชน์โดยตรงทางการเกษตร เป็นการลงทุนที่ถูกกว่าวิธีอื่นมาก การส่งน้ำกากส่าโดยวิธีการเดินท่อ และส่งน้ำกากส่าไปสู่แปลงนา หลังเจือจางด้วยน้ำธรรมชาติ หรือน้ำชลประทานตามสัดส่วนที่เหมาะสม ซึ่งวิธีการนี้น่าจะเหมาะสมสำหรับสถานะเศรษฐกิจของไทยในปัจจุบัน [6] สำหรับการใช้น้ำกากส่าเป็นปุ๋ยโดยผ่านการแปรรูป เช่น โรงงานสุราบางยี่ขัน จังหวัดปทุมธานี ใช้หลักการการเผา (Incineration) ซึ่งกระทำได้ โดยการใช้เครื่องระเหย (Evaporator) ทำการเคี่ยวน้ำกากส่าจนงวดแห้ง โดยให้มีเนื้อของแข็งประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นนำเนื้อของแข็งดังกล่าวพ่นเข้าไปในห้องเผาไหม้ของหม้อน้ำ เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้และยังได้ผลพลอยได้ คือ ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีโปแตสเซียมในสัดส่วนที่สูงอีกด้วย [5] นอกจากนี้ยังมีการนำน้ำกากส่ามาใช้ทำปุ๋ยหมัก จุลินทรีย์บางชนิดสามารถนำมาใช้สลายน้ำกากส่าได้ ซึ่งใช้เวลาเพียง 1 เดือนเท่านั้น โดยมีวิธีการคือ นำน้ำกากส่าดังกล่าวพ่นลงบนกองกากอ้อยที่ได้จากโรงงานน้ำตาลหลังจากที่ตากกองกากอ้อยให้แห้งแล้ว กลับกองกากอ้อยด้วยรถแทรกเตอร์ แล้วพ่นน้ำกากส่าลงบนกองกากอ้อยดังกล่าวอีก ทำดังที่กล่าวนี้สลับกันไป ก็จะได้ปุ๋ยหมักตามที่ต้องการ [5]

นอกจากนี้มีการนำน้ำกากส่ามาเลี้ยงจุลินทรีย์เพื่อผลิตเป็นโปรตีนเซลล์เดียว เนื่องจากในน้ำกากส่ามีน้ำตาลฟรุกโทส เหลืออยู่จำนวนหนึ่ง ซึ่งพบว่ามียีสต์หลายชนิดสามารถใช้เป็นแหล่งคาร์บอนในการเจริญได้ดี หลังจากทำการแยกยีสต์ ซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนออกไปแล้วพบว่า น้ำกากส่ามีค่า BOD และ COD ลดลง จึงเป็นการช่วยลดมลภาวะในน้ำกากส่าได้อีกทางหนึ่ง จากการเลี้ยงยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* และ *Candida valida* ในน้ำกากส่าสามารถผลิตโปรตีนได้ประมาณ 45 เปอร์เซ็นต์

การนำน้ำกากส่าไปใช้ในการหมักก๊าซมีเทน การหมักดังกล่าวเป็นการเปลี่ยนแปลงอินทรีย์สาร โดยจุลินทรีย์ในสภาพไร้ออกซิเจน ซึ่งได้ก๊าซผสมซึ่งมีก๊าซมีเทนประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ คาร์บอนไดออกไซด์มากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ และไฮโดรเจนซัลไฟด์กับ Stabilized Sludge ซึ่งนำไปใช้เป็นปุ๋ยได้

การนำน้ำกากส่าไปใช้ประโยชน์เป็นสารตั้งต้นในการผลิตกรดแลคติก ทำการศึกษาผลผลิตกรดแลคติกโดยการหมักแบบกะด้วยน้ำกากส่าจากโรงกลั่นเอทานอล โดยแบคทีเรีย *Lactobacillus rhamnosus* ATCC 7469 ในระบบด้วยเซลล์อิสระ และการตรึงเซลล์พบว่า การผลิตกรดแลคติกในระบบเซลล์อิสระจะให้ผลผลิตสูงสุด และให้ความเข้มข้นของกรดแลคติก เท่ากับ 34.69 กรัมต่อลิตร [7] การนำของเสียจากอุตสาหกรรมเอทานอลมาใช้ประโยชน์ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การใช้ประโยชน์จากของเสียจากอุตสาหกรรมเอทานอล

ของเสีย	การนำไปใช้ประโยชน์	กระบวนการผลิต/เชื้อจุลินทรีย์	ผลผลิตที่ได้	อ้างอิง
ฟูลออลอยล์	พลังงาน	การเผา	เชื้อเพลิง (สำหรับหม้อน้ำใน กระบวนการผลิต)	[1]
คาร์บอนไดออกไซด์	แปรรูป (ใช้ใน อุตสาหกรรม)	การทำบริสุทธิ์	อุตสาหกรรมแล็ค เกอร์ และหมักพิมพ์	[8]
	แปรรูป (ใช้ใน อุตสาหกรรม)	การทำบริสุทธิ์	สารทำความเย็น และน้ำแข็งแห้ง	[8]
น้ำกากส่า	ผลิตกรดแลคติก	การหมัก/ <i>Lactobacillus rhamnosus</i>	กรดแลคติก	[7]
	ผลิตแอลกอฮอล์	การหมัก/ <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	เอทานอล	[9]
	ผลิตก๊าซมีเทน	การหมัก/ <i>Methanosarcina thermophila</i> และ <i>Methanothermobacter crinale</i>	ก๊าซมีเทน	[10]
	ผลิตกรดอีโคซะ เพนตะอีโนอิก	การหมัก/ <i>Pythium irregulare</i>	กรดอีโคซะ เพนตะอีโนอิก	[11]
	ผลิตพลังงานไฟฟ้า (Microbial fuel cell (MFC))	การหมัก/ Microbial fuel cell, (MFC)	กระแสไฟฟ้า	[12]
	ผลิตโปรตีนเซลล์เดียว	การหมัก/ <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	โปรตีน	[13]
	ผลิตปุ๋ย	การเผา/การหมัก	ปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ย ชีวภาพ	[5]

ความสำคัญของเอทานอล และการใช้ประโยชน์จากของเสียจากอุตสาหกรรมเอทานอลต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย

เอทานอลสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ใน 3 รูปแบบ คือ แบบแรกเป็นเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ ใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยตรงทดแทนน้ำมันเบนซิน และน้ำมันดีเซล แบบที่สองเอทานอลบริสุทธิ์ 99.5 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร ผสมในน้ำมันเบนซิน ซึ่งจะเรียกว่า แก๊สโซฮอล์ (Gasohol) แบบที่สามเป็นสารเคมีเพิ่มออกเทน (Octane) แก่เครื่องยนต์โดยการเปลี่ยนรูปเอทานอลมาเป็นสาร ETBE (Ethanol Tertiary Butyl Ether) สามารถใช้ทดแทน MTBE (Methyl Tertiary Butyl Ether) อย่างไรก็ตามเอทานอลมีค่าความร้อนต่ำกว่าน้ำมันเบนซินเล็กน้อย เนื่องจากมีก๊าซออกซิเจนซึ่งเป็นสารที่ไม่ให้พลังงานความร้อนแต่ช่วยทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์พบว่า มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงต่างจากน้ำมันเบนซินประมาณ 1-2 เปอร์เซ็นต์และการเติมเอทานอลลงในน้ำมันเบนซิน 95 มีผลต่อคุณสมบัติบางประการของวัสดุประเภทยางและพลาสติกที่ใช้เป็นระบบเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ [3] รัฐบาลไทยได้กำหนดยุทธศาสตร์การแก้ไขปัญหาพลังงานของประเทศไทยโดยการส่งเสริมการใช้เอทานอลในรูปของแก๊สโซฮอล์ควบคู่ไปกับแหล่งพลังงานอื่น เช่น ไบโอดีเซลและก๊าซธรรมชาติ จากมาตรการส่งเสริมการใช้เอทานอลในรูปของแก๊สโซฮอล์ควบคู่ไปกับความสามารถลดการใช้พลังงานและการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ในปีพ.ศ. 2551 สามารถประหยัดเงินได้จำนวน 95,000 ล้านบาท ซึ่งจะเห็นได้ว่าอุตสาหกรรมการผลิตเอทานอลมีบทบาทสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย ปัจจุบันโรงงานผลิตเอทานอลเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงที่ได้รับอนุญาตสรุปเมื่อวันที่ 5 ตุลาคมปี พ.ศ. 2550 พบว่ามีทั้งสิ้นจำนวน 21 โรงงาน [14] มีกำลังการผลิตเอทานอลปริมาณ 1 ล้านลิตรต่อวันและใช้ในประเทศเพียง 5 แสนลิตรต่อวัน เอทานอลจึงเพียงพอต่อการส่งออกไปยังกลุ่มประเทศในแถบเอเชียที่ให้ความสำคัญกับการใช้เอทานอลเป็นพลังงานทดแทน แต่ยังคงขาดวัตถุดิบซึ่งประเทศไทยมีความได้เปรียบในการส่งออกเอทานอลให้กับกลุ่มประเทศดังกล่าวในด้านของระยะทางการขนส่งโดยในปี พ.ศ. 2550 มีปริมาณการส่งออกเอทานอลประมาณ 13.28 ล้านลิตร ส่วนใหญ่ส่งไปขายยังประเทศสิงคโปร์ (87.69 เปอร์เซ็นต์) ที่เหลือได้แก่ ฟิลิปปินส์ (8.03 เปอร์เซ็นต์) และออสเตรเลีย (4.27 เปอร์เซ็นต์) ตามลำดับ [15] ในอนาคตอุตสาหกรรมการผลิตเอทานอลจึงมีบทบาทสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทยในแง่ของการทดแทนการนำเข้าน้ำมันดิบและในแง่ของการค้าระหว่างประเทศ เนื่องจากประเทศไทยส่งออกเอทานอลไปยังต่างประเทศสามารถนำเงินเข้าประเทศได้อีกด้วย จากกระบวนการผลิตเอทานอลโดยใช้กากน้ำตาล และมันสำปะหลัง เป็นวัตถุดิบพบว่า 100 ตัน กากน้ำตาลและมันสำปะหลัง จะให้เอทานอล 21.9 และ 32.9 ตัน คาร์บอนไดออกไซด์ 22 และ 32 ตัน ฟิวเซลอยล์ 0.1 ตัน และน้ำกากส่า 242 และ 413 ตัน ตามลำดับ [1] ดังนั้นนอกจากการส่งออกเอทานอลแล้ว หากภาครัฐบาลและเอกชนจึงควรหันมาสนับสนุนการใช้ประโยชน์จากของเสียจากอุตสาหกรรมเอทานอลอย่างจริงจัง ก็จะสามารถช่วยเพิ่มราคาวัตถุดิบ และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้อีกทางหนึ่งด้วย

จะเห็นได้ว่า เอทานอลก็เป็นพลังงานอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจและสำคัญ สำหรับการนำมาทดแทนพลังงานเชื้อเพลิง และยังสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ การผลิตเอทานอลสามารถเลือกกระบวนการผลิตให้เหมาะสม หรือสามารถนำมาพัฒนาให้เข้ากับความต้องการเพื่อช่วยลดต้นทุน เพื่อเพิ่มผลผลิต หรือเพื่อลดระยะเวลาในกระบวนการผลิต แต่อย่างไรก็ตามในขั้นตอนของกระบวนการผลิตเอทานอลจะมีของเสียเกิดขึ้น โดยส่วนใหญ่ของเสียเหล่านี้สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ เพื่อช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและเพิ่มมูลค่าของของเสียให้เพิ่มขึ้นได้อีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2551). คู่มือการกำกับดูแลโรงงานอุตสาหกรรมเอทานอล. กระทรวงอุตสาหกรรม.
- [2] ขนิษฐา เอี่ยมลอม ชนากานต์ สืบนิคม ไพบูลย์ ชิวะภา และสุภัค ยินดีรูป. (2555). การผลิตน้ำตาลรีดิวซ์จากลำต้นธูปฤาษีด้วย *Aspergillus niger* TISTR3254 สำหรับนำไปใช้ในการผลิตเอทานอล. โครงการงานด้านชีววิทยา วิทยาศาสตร์บัณฑิต. ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- [3] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2550). คู่มือการพัฒนาและลงทุนผลิตพลังงานทดแทน ชุดที่ 7 (เชื้อเพลิงเอทานอล). กระทรวงพลังงาน.
- [4] นิศากร โฆษิตรัตน์. (2546). “การวิจัยและพัฒนาดัชนีชี้วัดเพื่อสร้างสิทธิและคุณภาพการมีส่วนร่วมในการประเมินความเสี่ยงจากสารเคมีโดยชุมชนรวมนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด”, วารสารวิธีวิทยาการวิจัย. 16(2), 308.
- [5] สุจินต์ พนาปวุฒิกุล. (2542). “ไม่มีน้ำเสียในประเทศไทย”, วารสารที่ปรึกษาสิ่งแวดล้อมไทย. 3(1), 22-28.
- [6] ทศนีย์ ติฐกมล และสมบูรณ์ แก้วปิ่นทอง. (2547). “ประโยชน์น้ำกากสำหรับการผลิตข้าวจังหวัดขอนแก่น”, วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยรามคำแหง. 7(ฉบับพิเศษ), 132-151.
- [7] Djukic-Vukovic, A.P., Mojovic, L.V., Jokic, B.M., Rakin, M.B., Nikolic, S.B. and Pejin, J.D. (2013). “Lactic acid production on liquid distillery stillage by *Lactobacil lus rhamnosus* immobilized onto zeolite”, *Bioresource Technology*. 135, 454-458.
- [8] กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. (2552). การศึกษาความเป็นไปได้ของการผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลัง. กรุงเทพฯ: สำนักบริหารยุทธศาสตร์ กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม.
- [9] Wang, K., Zhang, J., Liu, P., Cao, H.S. and Mao, Z.G. (2014). “Reusing a mixture of anaerobic digestion effluent and thin stillage for cassava ethanol production”, *Journal of Cleaner Production*. 75, 57-63.
- [10] Kobayashi, T., Tang, Y., Urakami, T., Morimura, S. and Kida, K. (2014). “Digestion performance and microbial community in full-scale methane fermentation of stillage from sweet potato-shochu production”, *Journal of Environmental Sciences*. 26, 423-431.
- [11] Liang, Y., Zhao, X., Strait, M. and Wen, Z. (2012). “Use of dry-milling derived thin stillage for producing eicosapentaenoic acid (EPA) by the fungus *Pythium irregular*”, *Bioresource Technology*. 111, 404-409.
- [12] Sakdaronnarong, C.K., Thanosawan, S., Chaithong, S., Sinbuathong, N. and Jeraputra, C. (2013). “Electricity production from ethanol stillage in two-compartment MFC”, *Fuel*. 107, 382-386.
- [13] สุจินต์ พนาปวุฒิกุล. (2528, มิถุนายน). “การบำบัดน้ำเสียจากโรงงานเปียร์โดยวิธีแอกติเวเต็ดสลัดจ์”, *วิศวกรรมสาร*. 3(1), 73-78.
- [14] กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2550). ฐานข้อมูลรายชื่อโรงงานที่ได้รับอนุญาตให้ประกอบกิจการผลิตเอทานอล โดยสำนักเทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสารปี 2550. กระทรวงอุตสาหกรรม.
- [15] กรมพัฒนาพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน. (2550). ปริมาณการส่งออกเอทานอลไปต่างประเทศของผู้ผลิตเอทานอลปี 2550. กระทรวงพลังงาน.