



ศ...ผศ.ดร.สุธรรม ปทุมสวัสดิ์

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ภายใต้งานวิจัยที่บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม

เมื่อเรารู้ว่าผู้เขียนได้กล่าวถึงเชื้อเพลิงขยะ หรือที่เราเรียกง่าย ๆ ว่า อาร์ดีเอฟ (RDF: Refuse Derived Fuel) และการนำไปใช้ประโยชน์เป็นพลังงานในรูปแบบต่างๆ ต่อเนื่องกัน 2 ตอน โดยมีสิ่งที่ต้องคำนึงถึงเมื่อนำเชื้อเพลิงขยะมาใช้ งาน ไม่ว่าจะเป็นเชื้อเพลิงเสริมหรือเป็นเชื้อเพลิงหลัก ในตอนนี้จะขอกล่าวถึงวิธีการหรือขั้นตอนการแปรสภาพขยะให้เป็นเชื้อเพลิงขยะ

ก่อนที่จะกล่าวถึงวิธีการหรือขั้นตอนในการแปรสภาพขยะนั้น เราควรทราบถึงประเภทของเชื้อเพลิงขยะเสียก่อนว่ามีอะไรบ้าง การนำขยะมาใช้เป็นเชื้อเพลิงนั้นยังไม่มีข้อกำหนดมาตรฐานว่าจะต้องมีลักษณะเป็นเช่นไร มีองค์ประกอบอย่างไรบ้าง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการหรือว่าความสามารถของเทคโนโลยีที่จะเปลี่ยนรูปขยะไปเป็นพลังงาน อย่างไรก็ตาม ได้มีการแบ่งประเภทเชื้อเพลิงขยะโดยใช้ชื่อเรียกที่แตกต่างกัน เพื่อให้ง่ายต่อการเข้าใจและการนำไปใช้งาน ซึ่งมีอยู่ 2 ระบบ ได้แก่ ระบบทางประเทศสหรัฐอเมริกา และระบบทางกลุ่มประเทศยุโรป โดยระบบทางประเทศสหรัฐอเมริกาแบ่งออกเป็น 7 ประเภท ตั้งแต่ RDF-1 คือการใช้ขยะมาเป็นเชื้อเพลิงในสภาพที่ถูกจัดเก็บมาโดยคร่าวๆ อาจจะมีการแยกชิ้นส่วนที่มีขนาดใหญ่ออกมาในกรณีที่สามารถเห็นได้ด้วยตา RDF-2 คือ ขยะที่ถูกจัดเก็บมาแล้วมาผ่านกระบวนการคัดแยกน้ำสิ่งที่ไม่ได้เผาไหม้ได้ ออก รวมถึงผ่านกระบวนการลดขนาดอย่างหยาบๆ ไม่ละเอียดมากนัก RDF-3 จะเหมือนกับ RDF-2 แต่จะมีการลดขนาดให้เล็กลง มาถึงตรงนี้จะเห็นได้ว่า ไม่ว่าจะเป็น RDF-2 หรือ RDF-3 องค์ประกอบของขยะส่วนใหญ่ (หรือเกือบทั้งหมด) จะมีแต่ต้องประกอบด้วยเศษที่ไม่เผาไหม้เท่านั้น จากนั้นก็ต้องการเชื้อเพลิงขยะไปใช้กับเทคโนโลยีที่จัดการขนาดของเชื้อเพลิงที่เล็กลงเอียง เช่น Suspension Firing System ก็จะทำให้ RDF-3 มาลดขนาดอีก ซึ่งจะกลายเป็น RDF-4 หรือในทางตรงกันข้าม ถ้าต้องการเชื้อเพลิงขยะที่มีขนาดใหญ่ขึ้น มีความหนาแน่นมากขึ้น เพื่อความสะดวกในการจัดเก็บและขนส่งนั้น ก็จะนำ RDF-3 มาผ่านกระบวนการอัด หรือที่เรียกว่า RDF-5 ในระหว่างกระบวนการอัด อาจจะมีการเติมส่วนผสมประกอบต่างๆ เพิ่มเข้าไปเพื่อให้มีคุณสมบัติที่ดีขึ้นตามต้องการ เช่น เติมหินปูนเพื่อช่วยในการดูดซับแก๊สที่มีสภาพเป็นกรดที่อาจจะเกิดขึ้นระหว่างการเกิดปฏิกิริยาทางความร้อน เติมน้ำมันเพื่อช่วยเพิ่มค่าพลังงานที่สูงขึ้น หรืออาจจะผสมกับเชื้อเพลิงชีวมวลเพื่อการควบคุมปริมาณองค์ประกอบที่ไม่พึงประสงค์ต่างๆ เช่น ปริมาณคลอรีน ปริมาณโลหะหนัก ที่มีอยู่ในขยะให้มีปริมาณที่กำหนดหรือสามารถควบคุมได้ด้วยเทคโนโลยีการแปรรูปขยะเป็นพลังงานได้ด้วย กระดาษ RDF-6 และ RDF-7 คือ เชื้อเพลิงขยะที่ไม่ได้อยู่ในรูปของเชื้อเพลิงแข็ง เหมือนกับ RDF-1 ถึง RDF-5 ก่อนหน้านี้ แต่จะอยู่ในรูปของเชื้อเพลิงแก๊สและเชื้อเพลิงเหลว ตามลำดับ การที่จะเปลี่ยนสภาพจากเชื้อเพลิงแข็งไปเป็นเชื้อเพลิงแก๊สสามารถทำได้โดยผ่านกระบวนการที่เรียกว่า แก๊สซิฟิเคชัน (Gasification) ซึ่งแก๊สที่ได้จะประกอบไปด้วย คาร์บอน

มอนอกไซด์ (CO) และไฮโดรเจน (H2) เป็นองค์ประกอบหลัก และแก๊สอื่นๆ เช่น มีเทน (CH4) ส่วนการเปลี่ยนสภาพจากเชื้อเพลิงแข็งไปเป็นเชื้อเพลิงเหลว ทำได้โดยผ่านกระบวนการที่เรียกว่า ไพโรไลซิส (Pyrolysis) หรือการให้ความร้อนในสภาวะไร้อากาศ ซึ่งจะได้อผลึกก้นที่ส่วนหนึ่งออกมาในรูปของเหลว ซึ่งมององค์ประกอบของไฮโดรคาร์บอนเป็นหลัก แต่ของเหลวที่ว่านี้ยังไม่สามารถนำไปใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับยานยนต์ได้ทันที เพราะยังอยู่ในสภาพที่คล้ายกับน้ำมันดิบ จำเป็นต้องไปผ่านกระบวนการกลั่นก่อน วิธีการที่จะเปลี่ยนจากเชื้อเพลิงแข็งไปเป็นเชื้อเพลิงเหลวอีกวิธีหนึ่งคือ การเปลี่ยนเชื้อเพลิงแข็งไปเป็นเชื้อเพลิงแก๊ส หรือที่เรียกว่าแก๊สสังเคราะห์ (Syn gas) ก่อน โดยกระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน เมื่อได้เชื้อเพลิงแก๊สมาแล้วก็จะนำแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และไฮโดรเจน (H2) ที่มีอยู่ในแก๊สเหล่านั้นผ่านกระบวนการสังเคราะห์ที่

# เชื้อเพลิงขยะ ตอนที่ 3 RDF เทคโนโลยีที่เหมาะสม?

ที่เรียกว่า Fischer-Tropsch Synthesis ก็จะได้น้ำมันเชื้อเพลิงออกมา จะเห็นได้ว่ามีการเปลี่ยนสภาพจากขยะมาเป็นเชื้อเพลิงแก๊สหรือเชื้อเพลิงเหลวนั้น เป็นการเพิ่มคุณค่าและทางเลือกของการใช้ประโยชน์จากเชื้อเพลิงขยะในรูปของพลังงาน แต่สิ่งที่ยังเป็นอุปสรรคสำคัญ ก็คือความเชื่อมั่นในเทคโนโลยี แม้ว่าเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชัน และเทคโนโลยีไพโรไลซิสจะไม่ใช่อันใหม่จริงๆ แต่สถานการณ์พัฒนาเทคโนโลยีนี้ยังอยู่ในระดับเพียงเทคโนโลยีสารึกบางอย่างอยู่แค่นั้นในระดับวิจัยและพัฒนาเท่านั้น ดังนั้นการที่จะนำมาใช้กับขยะของประเทศไทย ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมากกับขยะของประเทศที่มีการพัฒนาเทคโนโลยีประเภทนี้ ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นประเทศทางกลุ่มยุโรป จึงต้องระวังและพิจารณาอย่างรอบคอบจนแน่ใจเสียก่อน

ส่วนระบบของทางกลุ่มประเทศยุโรปไม่ได้มีการแบ่งประเภทของเชื้อเพลิงขยะไว้หลายประเภทเหมือนกับระบบทางประเทศสหรัฐอเมริกาที่มีการกำหนดมาตรฐานที่ชัดเจนเอาไว้ เพียงแต่มีการเรียกประเภทของเชื้อเพลิงขยะตามลักษณะทางกายภาพ ซึ่งกล่าวได้ว่ามี 3 ประเภท ได้แก่ c-RDF (Coarse RDF) f-RDF (Fluff RDF) และ d-RDF (Densified RDF) ซึ่งถ้าจะเทียบกับระบบทางประเทศสหรัฐอเมริกา ก็จะได้ว่า c-RDF เทียบได้กับ RDF-1 f-RDF เทียบได้กับ RDF-3 และ d-RDF เทียบได้กับ RDF-5

จากประเภทของเชื้อเพลิงขยะที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น จะเห็นว่าขั้นตอนหรือวิธีการที่เรียกได้ว่าเป็นปัจจัยสำคัญนั่นก็คือ กระบวนการคัดแยกขยะมีองค์ประกอบที่หลากหลาย ถ้าแบ่งเป็นคร่าวๆ ก็จะได้เป็นส่วนประกอบที่เผาไหม้ได้ และองค์ประกอบที่เผาไหม้ไม่ได้ และถ้าแบ่งองค์ประกอบที่เผาไหม้ได้อีกจะแบ่งเป็น 2 ขยะจำพวกอินทรีย์สารที่สามารถย่อยสลายได้ง่าย ซึ่งได้แก่ขยะจำพวกเศษอาหาร เศษผักที่ได้จากการจัดเตรียมอาหาร ซึ่งขยะจำพวกนี้เหมาะสมที่จะนำไปบำบัดโดยการหมักเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพ และหรือทำเป็นสารปรับปรุงคุณภาพดิน 3.ของทิ้งที่มีสารพิษ ตัวอย่างเช่น ถ่านไฟฉาย หลอดไฟ ภาชนะบรรจุสารเคมี เป็นต้น ของทิ้งจำพวกนี้จำเป็นต้องมีการ

จัดการเป็นพิเศษ และจำพวกสุดท้ายได้แก่ 4.ขยะทั่วไป ซึ่งก็คือขยะที่นอกเหนือจาก 3 กลุ่มดังกล่าวแล้วซึ่งต้น ซึ่งอาจจะประกอบไปด้วย กระดาษที่สกปรก โฟมบรรจุอาหาร ถุงบรรจุอาหาร กิ่งไม้ใบไม้ที่เกิดจากการตกแต่งสวน เศษผักเศษอาหารที่ย่อยสลายได้ยาก เช่น เปลือกผลไม้เนื้อแข็ง เป็นต้น ซึ่งในส่วนนี้มีความเหมาะสมที่จะนำไปแปรสภาพเป็นเชื้อเพลิงขยะต่อไป และจะเห็นได้ว่ากระบวนการต่างๆ ที่จะนำมาใช้เพื่อแปรสภาพขยะส่วนนี้ ก็จะน้อยลงไม่ซับซ้อนยุ่งยากมากนัก และจะได้ประสิทธิภาพที่สูงขึ้นด้วย

เราอาจจะสรุปได้ว่า การแยกขยะก่อนทิ้งนั้นคือจุดเริ่มต้น และจุดสำคัญที่สุดของกระบวนการจัดการขยะอย่างเหมาะสมและดีที่สุด ดังนั้นการแยกขยะก่อนทิ้งจึงเป็นสิ่งที่เราทุกคนจำเป็นต้องปฏิบัติ (Code of Conduct) ไม่ใช่เป็นเพียงแค่สิ่งที่ควรปฏิบัติ (Code of Practice) แม้ว่าเราทิ้งขยะลงไปถึงเดียวกันเพื่อให้งานที่หนักเกินไป เรา

มาก ทำให้กระบวนการคัดแยกไม่สามารถทำได้ในขั้นตอนเดียว แต่ต้องมีหลายขั้นตอนเพื่อคัดแยกขยะประเภทต่างๆ ออกมาในแต่ละขั้น รวมถึงมีการพัฒนากระบวนการจัดการขยะต่างๆ ขึ้นมาเพื่อให้กระบวนการคัดแยกขยะมีประสิทธิภาพสูง ได้ส่วนที่จะนำมาเป็นเชื้อเพลิงขยะได้มากขึ้นและมีคุณภาพดีขึ้นด้วย

หลายคนคงอาจจะเคยได้ยินกระบวนการบำบัดขยะแบบเชิงกลชีวภาพ (Mechanical Biological Treatment, MBT) กระบวนการบำบัดขยะแบบชีวภาพเชิงกล (Biological Mechanical Treatment, BMT) กระบวนการบำบัดขยะแบบเชิงกลความร้อน (Mechanical Hot Air Treatment, MHT) หรือกระบวนการบำบัดขยะโดยใช้ไอน้ำ (Steam Treatment หรือ Autoclave Treatment) ฟังดูเยอะแยะไปหมด แต่กล่าวโดยสรุปก็คือเป็นพัฒนาการด้านกระบวนการบำบัดขยะเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการคัดแยกขยะให้สูงขึ้น



ในปัจจุบัน จากการศึกษาของกลุ่มประเทศทางยุโรป พบว่า สัดส่วนของปริมาณเชื้อเพลิงขยะที่ได้ออกต่อปริมาณขยะ ขึ้นอยู่กับรูปแบบการจัดเก็บขยะ กระบวนการที่ใช้ในการแปรสภาพขยะและคุณภาพของเชื้อเพลิงขยะที่ต้องการ โดยมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 20-50% โดยน้ำหนักของขยะที่ป้อนเข้าแปรสภาพ และพบว่ากระบวนการจัดการขยะที่มีประสิทธิภาพสูงนั้น จำเป็นต้องมีการแยกทิ้งขยะตั้งแต่แหล่งกำเนิด (Separation at Source)

จะเห็นได้ว่ากระบวนการจัดการขยะเพื่อแปรสภาพเป็นเชื้อเพลิงขยะนั้นมีหลายแบบให้เลือกใช้ ขึ้นอยู่กับความต้องการของเราเอง แต่ไม่ว่าเราจะเลือกใช้เทคโนโลยีหรือกระบวนการแบบใดก็ตาม ปัจจัยสู่ความสำเร็จของการจัดการขยะเพื่อแปรสภาพเป็นเชื้อเพลิง ได้แก่ การแยกทิ้งขยะตั้งแต่แหล่งกำเนิดนั่นเอง ซึ่งการแยกทิ้งขยะตั้งแต่แหล่งกำเนิดไม่จำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีใดๆ เพียงแต่ละคนรู้จักที่จะทำการแยกขยะก่อนทิ้ง เราทุกคนสามารถที่จะทำการแยกขยะก่อนทิ้งได้โดยไม่ต้องใช้เทคโนโลยีใดๆ เพียงประกอบไปด้วย 1.วัสดุที่สามารถนำกลับไปใช้ใหม่ได้ เช่น แก้ว โลหะ กระป๋องน้ำอัดลม ภาชนะประเภทต่างๆ กระดาษที่ยังไม่เ็น เป็นต้น 2.ขยะจำพวกอินทรีย์สารที่สามารถย่อยสลายได้ง่าย ซึ่งได้แก่ขยะจำพวกเศษอาหาร เศษผักที่ได้จากการจัดเตรียมอาหาร ซึ่งขยะจำพวกนี้เหมาะสมที่จะนำไปบำบัดโดยการหมักเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพ และหรือทำเป็นสารปรับปรุงคุณภาพดิน 3.ของทิ้งที่มีสารพิษ ตัวอย่างเช่น ถ่านไฟฉาย หลอดไฟ ภาชนะบรรจุสารเคมี เป็นต้น ของทิ้งจำพวกนี้จำเป็นต้องมีการ

สามารถแยกขยะก่อนทิ้งได้ โดยแยกประเภทของที่จะทิ้งแล้วใส่ถุงแยกไว้ เมื่อเจ้าหน้าที่มาทำการเก็บขยะจากถังก็สามารถคัดแยกได้โดยง่ายและสะดวก กระบวนการจัดการต่อไปก็สามารถทำได้โดยง่ายมีประสิทธิภาพสูงขึ้น หลายคนอาจคิดว่าเพียงแค่แยกขยะก่อนทิ้งนั้นจะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างมากได้จริงหรือ ลองคิดดูว่าการแยกสิ่งของที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ทำให้เราลดปริมาณการใช้วัตถุดิบที่ต้องนำมาใช้ผลิตสิ่งของเหล่านี้ รวมถึงพลังงานที่ต้องใช้ในการผลิตก็ใช้น้อยลง ปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการผลิตก็น้อยลง ทำให้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยลง อีกทั้งการแยกขยะก่อนทิ้งทำให้กระบวนการจัดการขยะขั้นต่อไปสามารถทำได้โดยง่าย ก่อให้เกิดการจัดการที่ได้ประสิทธิภาพสูง ได้พลังงานออกมามากจากการจัดการขยะและไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม จะเห็นได้ว่าแค่เพียงการกระทำเพียงเล็กน้อยของเราแต่ละคน สามารถก่อให้เกิดผลดีตามมามากมายโดยไม่ต้องรอพึ่งเทคโนโลยีบำบัดซึ่งมักจะมีความแพงและมักจะใช้งานไม่ค่อยดี

ในประเด็นนี้

มาก ทำให้กระบวนการคัดแยกไม่สามารถทำได้ในขั้นตอนเดียว แต่ต้องมีหลายขั้นตอนเพื่อคัดแยกขยะประเภทต่างๆ ออกมาในแต่ละขั้น รวมถึงมีการพัฒนากระบวนการจัดการขยะต่างๆ ขึ้นมาเพื่อให้กระบวนการคัดแยกขยะมีประสิทธิภาพสูง ได้ส่วนที่จะนำมาเป็นเชื้อเพลิงขยะได้มากขึ้นและมีคุณภาพดีขึ้นด้วย

หลายคนคงอาจจะเคยได้ยินกระบวนการบำบัดขยะแบบเชิงกลชีวภาพ (Mechanical Biological Treatment, MBT) กระบวนการบำบัดขยะแบบชีวภาพเชิงกล (Biological Mechanical Treatment, BMT) กระบวนการบำบัดขยะแบบเชิงกลความร้อน (Mechanical Hot Air Treatment, MHT) หรือกระบวนการบำบัดขยะโดยใช้ไอน้ำ (Steam Treatment หรือ Autoclave Treatment) ฟังดูเยอะแยะไปหมด แต่กล่าวโดยสรุปก็คือเป็นพัฒนาการด้านกระบวนการบำบัดขยะเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการคัดแยกขยะให้สูงขึ้น

ในปัจจุบัน จากการศึกษาของกลุ่มประเทศทางยุโรป พบว่า สัดส่วนของปริมาณเชื้อเพลิงขยะที่ได้ออกต่อปริมาณขยะ ขึ้นอยู่กับรูปแบบการจัดเก็บขยะ กระบวนการที่ใช้ในการแปรสภาพขยะและคุณภาพของเชื้อเพลิงขยะที่ต้องการ โดยมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 20-50% โดยน้ำหนักของขยะที่ป้อนเข้าแปรสภาพ และพบว่ากระบวนการจัดการขยะที่มีประสิทธิภาพสูงนั้น จำเป็นต้องมีการแยกทิ้งขยะตั้งแต่แหล่งกำเนิด (Separation at Source)

จะเห็นได้ว่ากระบวนการจัดการขยะเพื่อแปรสภาพเป็นเชื้อเพลิงขยะนั้นมีหลายแบบให้เลือกใช้ ขึ้นอยู่กับความต้องการของเราเอง แต่ไม่ว่าเราจะเลือกใช้เทคโนโลยีหรือกระบวนการแบบใดก็ตาม ปัจจัยสู่ความสำเร็จของการจัดการขยะเพื่อแปรสภาพเป็นเชื้อเพลิง ได้แก่ การแยกทิ้งขยะตั้งแต่แหล่งกำเนิดนั่นเอง ซึ่งการแยกทิ้งขยะตั้งแต่แหล่งกำเนิดไม่จำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีใดๆ เพียงแต่ละคนรู้จักที่จะทำการแยกขยะก่อนทิ้ง เราทุกคนสามารถที่จะทำการแยกขยะก่อนทิ้งได้โดยไม่ต้องใช้เทคโนโลยีใดๆ เพียงประกอบไปด้วย 1.วัสดุที่สามารถนำกลับไปใช้ใหม่ได้ เช่น แก้ว โลหะ กระป๋องน้ำอัดลม ภาชนะประเภทต่างๆ กระดาษที่ยังไม่เ็น เป็นต้น 2.ขยะจำพวกอินทรีย์สารที่สามารถย่อยสลายได้ง่าย ซึ่งได้แก่ขยะจำพวกเศษอาหาร เศษผักที่ได้จากการจัดเตรียมอาหาร ซึ่งขยะจำพวกนี้เหมาะสมที่จะนำไปบำบัดโดยการหมักเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพ และหรือทำเป็นสารปรับปรุงคุณภาพดิน 3.ของทิ้งที่มีสารพิษ ตัวอย่างเช่น ถ่านไฟฉาย หลอดไฟ ภาชนะบรรจุสารเคมี เป็นต้น ของทิ้งจำพวกนี้จำเป็นต้องมีการ

สามารถแยกขยะก่อนทิ้งได้ โดยแยกประเภทของที่จะทิ้งแล้วใส่ถุงแยกไว้ เมื่อเจ้าหน้าที่มาทำการเก็บขยะจากถังก็สามารถคัดแยกได้โดยง่ายและสะดวก กระบวนการจัดการต่อไปก็สามารถทำได้โดยง่ายมีประสิทธิภาพสูงขึ้น หลายคนอาจคิดว่าเพียงแค่แยกขยะก่อนทิ้งนั้นจะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างมากได้จริงหรือ ลองคิดดูว่าการแยกสิ่งของที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ทำให้เราลดปริมาณการใช้วัตถุดิบที่ต้องนำมาใช้ผลิตสิ่งของเหล่านี้ รวมถึงพลังงานที่ต้องใช้ในการผลิตก็ใช้น้อยลง ปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการผลิตก็น้อยลง ทำให้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยลง อีกทั้งการแยกขยะก่อนทิ้งทำให้กระบวนการจัดการขยะขั้นต่อไปสามารถทำได้โดยง่าย ก่อให้เกิดการจัดการที่ได้ประสิทธิภาพสูง ได้พลังงานออกมามากจากการจัดการขยะและไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม จะเห็นได้ว่าแค่เพียงการกระทำเพียงเล็กน้อยของเราแต่ละคน สามารถก่อให้เกิดผลดีตามมามากมายโดยไม่ต้องรอพึ่งเทคโนโลยีบำบัดซึ่งมักจะมีความแพงและมักจะใช้งานไม่ค่อยดี

หมายเหตุ : บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม ได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และจากสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน บทความนี้เป็นความเห็นของผู้เขียน ซึ่งไม่จำเป็นต้องสอดคล้องกับความเห็นของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง