รายละเอียดการประดิษฐ์

ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์

สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับผลิตเอทานอล

สาขาวิทยาการที่เกี่ยวข้องกับการประดิษฐ์

เทคโนโลยีชีวภาพในส่วนที่เกี่ยวข้องกับสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับผลิตเอทานอล

ภูมิหลังของศิลปะหรือวิทยาการที่เกี่ยวข้อง

อุตสาหกรรมเอทานอลเป็นอุตสาหกรรมที่สำคัญ นอกจากจะเป็นการสร้างแหล่งพลังงานของประเทศเพื่อทดแทนพลังงานส่วนหนึ่งที่ต้องนำเข้าแล้ว การผลิตเอทานอลจากวัตถุดิบทางการเกษตรของประเทศไทย เช่น อ้อย และมันสำปะหลัง ยังนับว่าเป็นการสร้างเสถียรภาพของราคาผลิตผลทางการเกษตรของประเทศอีกด้วย ซึ่งการผลิตเอทานอลมี 2 กรรมวิธี คือ กรรมวิธีที่หนึ่ง คือ การสังเคราะห์โดยใช้วัตถุดิบเป็นสารเคมี คือ เอทิลีน (Ethylene) จะเรียกว่า เอทานอลสังเคราะห์ ซึ่งวิธีการนี้มีข้อดีคือ ปฏิกิริยาเกิดขึ้นได้รวดเร็ว ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความบริสุทธิ์ค่อนข้างสูง แต่ข้อเสียคือ จำเป็นต้องใช้สารเคมีที่จำเพาะ จึงทำให้ต้นทุนในการผลิตเอทานอลที่สูง และสามารถทำให้เกิดสารเคมีตัวอื่นปนเปื้อนในระหว่างการสังเคราะห์ได้ ทำให้เอทานอลที่ได้จากกรรมวิธีนี้ไม่สามารถบริโภคได้ กรรมวิธีที่สอง คือ การสังเคราะห์ทางชีวภาพ (การหมัก) โดยใช้วัตถุดิบทางการเกษตร 3 ประภท คือ วัตถุดิบที่มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นน้ำตาล แป้ง และเซลลูโลส โดยวัตถุดิบประเภทน้ำตาล ได้แก่ น้ำอ้อย กากน้ำตาล บีทรูท ข้าวฟ่างหวาน เป็นต้น วัตถุดิบประเภทแป้ง ได้แก่ มันสำปะหลัง มันฝรั่ง ข้าวจ้าว ข้าวสาลี ข้าวโพด เป็นต้น และวัตถุดิบประเภทเซลลูโลส ได้แก่ กากอ้อย ฟางข้าว ซังข้าวโพด ขี้เลื่อย วัชพืช ของเสียจากอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ เป็นต้น เป็นแหล่งคาร์บอนให้แก่จุลินทรีย์ และได้ผลผลิตเป็นไบโอเอทานอล (Bio-ethanol) ซึ่งข้อดีของกรรมวิธีนี้ คือ วัตถุดิบที่นำมาใช้ในกรรมวิธีนี้สามารถหาได้ง่าย ต้นทุนในการผลิตต่ำ แต่มีข้อเสีย คือ กระบวนการสังเคราะห์จะเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ อีกทั้งหากต้องการผลผลิตในปริมาณมากจำเป็นต้องใช้ระบบการผลิตขนาดใหญ่ ทำให้ต้นทุนในการผลิตสูงขึ้น และหากเป็นวัตถุดิบที่จุลินทรีย์ไม่สามารถใช้วัตถุดิบเพื่อผลิตเอทานอลได้โดยตรงต้องทำการปรับสภาพก่อน ทำให้ยุ่งยากและเสียค่าใช้จ่ายเพิ่ม

เอทานอลสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย เช่น ใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ ใช้ในอุตสาหกรรมยา ใช้เป็นตัวทำละลายในอุตสาหกรรม เช่น สี แล๊กเกอร์ ใช้เป็นวัตถุดิบในการสังเคราะห์สารเคมีและชีวเคมี ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น น้ำส้มสายชู เจลาติน ใช้ในทางการแพทย์ เช่น ใช้เช็ดแผล ใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง หรือใช้เป็นตัวรีเอเจนต์ในห้องปฏิบัติการ และนำมาใช้เป็นสารเติมแต่งเพื่อเพิ่มค่าออกเทนให้แก่น้ำมันเบนซิน และการใช้เอทานอลเป็นพลังงานเชื้อเพลิงมีผลดีต่อสภาพแวดล้อม เนื่องจากเป็นเชื้อเพลิงที่ไร้สารพิษ เมื่อนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในรถยนต์จึงเกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์กว่าเชื้อเพลิงทั่วไป ระบบเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลจึงสะอาดกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซินหรือดีเซล

มีการนำเอทานอลมาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ 3 รูปแบบ คือ แบบที่หนึ่งเป็นเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ ใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยตรงทดแทนน้ำมันเบนซินและน้ำมันดีเซล แบบที่สองเป็นเอทานอลบริสุทธิ์ 99.5 เปอร์เซ็นต์ ผสมในน้ำมันเบนซิน ซึ่งเรียกว่า แก๊สโซฮอล์ (Gasohol) และแบบที่สามเป็นสารเคมีเพิ่มออกเทน (Octane) แก่เครื่องยนต์โดยการเปลี่ยนรูปเอทานอลมาเป็นสารอีทีบีอี (Ethanol Tertiary Butyl Ether) สามารถใช้ทดแทนสารเอ็มทีบีอี (Methyl Tertiary Butyl Ether) อย่างไรก็ตามเอทานอลมีค่าความร้อนต่ำกว่าน้ำมันเบนซิน แต่ช่วยให้เกิดการเผาไหม้ได้สมบูรณ์กว่า มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงน้อยกว่าน้ำมันเบนซิน 1 – 2 เปอร์เซ็นต์

จุลินทรีย์ที่เหมาะสมกับวัตถุดิบที่นำมาหมักจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการหมัก จุลินทรีย์ที่มีความสำคัญในการผลิตเอทานอล คือ *Saccharomyces cerivisiae* เนื่องจากเป็นจุลินทรีย์ที่ทนต่อสภาวะแวดล้อมต่างๆ ที่ไม่เหมาะสมได้ดีกว่าจุลินทรีย์ชนิดอื่น เป็นจุลินทรีย์ที่มีความสำคัญในอุตสาหกรรมการหมักด้วยน้ำตาลกลูโคส เป็นสายพันธุ์ที่เจริญได้ดีในสภาพแวดล้อมที่มีความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคสสูง มีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนน้ำตาลเป็นเอทานอลได้ดี และยังสามารถหมักน้ำตาลกลูโคส ฟรุคโตส แมนโนส ซูโครส มอลโทส กาแลคโตส และราฟฟิโนส อีกทั้งยังมีความคงทนต่อเอทานอลที่มีความเข้มข้นสูง และให้ผลผลิตเอทานอลในปริมาณสูง

โดยมีสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร รวมถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาอาหารเลี้ยงเชื้อเพื่อผลิตเอทานอลจากเชื้อ *Saccharomyces cerevisiae* อาทิ

สิทธิบัตรจีน เลขที่ CN2009123456A1 ได้ประดิษฐ์สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อเพื่อผลิตเอทานอลโดยใช้มันฝรั่ง, ยีสส์สกัด, กลูโคส และเพบโทน โดยใช้เชื้อ *Saccharomyces cerevisiae* ในการหมักเพื่อวัดปริมาณผลผลิตเอทานอลที่ผลิตได้ พบว่า ความเข้มข้นของเอทานอลที่ผลิตได้ เท่ากับ 25.2 กรัมต่อลิตร ซึ่งมากกว่าสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อโดยทั่วไป แต่ถึงแม้จะให้ความเข้มข้นของเอทานอลมากกว่า แต่ก็ใช้เวลาในการหมักมากกว่าเช่นกัน โดยใช้เวลาในการหมัก 48 ชั่วโมง ในขณะที่สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อโดยทั่วไปใช้เวลา 36 ชั่วโมง อีกทั้งมีต้นทุนในการผลิตเอทานอลสูง

อนุสิทธิบัตรไทย เลขที่คำขอ 1003000285 เป็นการประดิษฐ์สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับการผลิตเอทานอล ที่มีส่วนประกอบดังนี้ กากน้ำตาล, ยีสส์สกัด, ยูเรีย และน้ำ โดยใช้เชื้อ *Saccharomyces cerevisiae* ในการหมักเพื่อวัดปริมาณผลผลิตเอทานอลที่ผลิตได้ พบว่า ความเข้มข้นของเอทานอลที่ผลิตได้ เท่ากับ 30.2 กรัมต่อลิตร ซึ่งมากกว่าสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อโดยทั่วไป แต่สูตรอาหารนี้มีต้นทุนในการผลิตเอทานอลสูง

สิทธิบัตรยุโรป เลขที่ EP2012501879A2 การประดิษฐ์นี้เกี่ยวข้องกับกรรมวิธีการผลิตสารตั้งต้นสำหรับการผลิตเอทานอลจากก้านใบมันสำปะหลัง ซึ่งเป็นเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาพัฒนาเพื่อให้เป็นสารตั้งต้นสำหรับการผลิตเอทานอล โดยทำการปรับสภาพก้านใบมันสำปะหลังทางกลด้วยเครื่องบดแบบสกรู และผ่านวิธีทางเคมีและความร้อน หลังจากนั้นทำการหมักโดยเชื้อ *Saccharomyces cerevisiae* เพื่อเปลี่ยนน้ำตาลรีดิวซ์ให้เป็นเอทานอลจากก้านใบมันสำปะหลัง โดยความเข้มข้นของเอทานอลที่ผลิตได้เท่ากับ 36.3 กรัมต่อลิตร ซึ่งวิธีการดังข้างต้นนี้ถือเป็นวิธีที่มีขั้นตอนที่ยุ่งยาก มีการใช้สารเคมีในการปรับสภาพวัตถุดิบก่อนนำมาผลิตเอทานอล ส่งผลต่อต้นทุน และในกระบวนการผลิตยังใช้ระยะเวลานาน

สิทธิบัตรจีน เลขที่ CN2013123456A2 การประดิษฐ์นี้เกี่ยวข้องกับการผลิตเอทานอลจากซังข้าวโพด โดยนำซังข้าวโพดมาทำการปรับสภาพด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ร้อยละ 1 โดยมวล หลังจากนั้นนำมาอบให้แห้งแล้วเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นนำมาบดให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร จากนั้นนำมาย่อยด้วยเบต้ากลูโคซิเดส (β-Glucosidaes) ร้อยละ 1 โดยมวลต่อปริมาตร เป็นเวลา 30 นามี ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นทำการหมักโดยเชื้อ *Saccharomyces cerevisiae* JH52 ซึ่งได้ผลผลิตรเอทานอลร้อยละ 40.4 กรัมต่อลิตร และได้ทดลองนำไปผสมกับน้ำมันเบนซินเติมเครื่องยนต์ แต่ไม่ประสบความสำเร็จ

สิทธิบัตรสหรัฐอเมริกา เลขที่ US2011201345A2 เป็นการประดิษฐ์สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อที่เพิ่มปริมาณความเข้มข้นของเอทานอล โดยใช้กากน้ำตาล, ยีสตต์สกัด, แอมโมเนียมฟอสเฟตเป็นส่วนประกอบของอาหารเลี้ยงเชื้อ ซึ่งความเข้มข้นของเอทานอลที่ผลิตได้ เท่ากับ 33 กรัมต่อลิตร และนำเอทาอลที่ผลิตได้ไปทดลองผสม

กับน้ำมันดีเซลเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในรถแทรกเตอร์ พบว่า รถแทรกเตอร์สามารถวิ่งได้ไกล 10 กิโลเมตร/ลิตร ซึ่งแม้สูตรอาหารนี้จะได้เอทานอลในความเข้มข้นที่สูง และสามารถนำไปใช้กับรถแทรกเตอร์ได้ทันที แต่ยังขาดความเสถียรภาพของเชื้อเพลิง

สิทธิบัตรสหรัฐอเมริกา เลขที่ US2012012345A1 เป็นการประดิษฐ์สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อที่เพิ่มปริมาณความเข้มข้นของเอทานอล โดยใช้กากน้ำตาล, มันสำปะหลัง, ยีสตต์สกัด, แอมโมเนียมฟอสเฟตเป็นส่วนประกอบของอาหารเลี้ยงเชื้อ ซึ่งความเข้มข้นของเอทานอลที่ผลิตได้ เท่ากับ 48 กรัมต่อลิตร และนำเอทาอลที่ผลิตได้ไปทดลองผสมกับน้ำมันดีเซลเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในรถแทรกเตอร์ พบว่า รถแทรกเตอร์สามารถวิ่งได้ไกล 15 กิโลเมตร/ลิตร ซึ่งแม้สูตรอาหารนี้จะได้เอทานอลในความเข้มข้นที่สูง และสามารถนำไปใช้กับรถแทรกเตอร์ได้ทันที แต่ยังขาดความเสถียรภาพของเชื้อเพลิง

และมีรายงานการศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพในการผลิตเอทานอลของถั่วเหลือง โดยใช้ยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* พบว่า กากถั่วเหลืองสามารถผลิตเอทานอลได้ ซึ่งมีความเข้มของเอทานอลที่ผลิตได้เท่ากับ 27.7 กรัมต่อลิตร (Lue *et al.,* 2014) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Turne และคณะ (2016) ซึ่งได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพการผลิตเอทานอลโดยใช้กากถั่วเหลือง พบว่า กากถั่วเหลืองสามารถให้ความเข้มข้นของเอทานอลที่ผลิตได้ เท่ากับ 28.3 กรัมต่อลิตร เช่นเดียวกับ Wang Lee และคณะ (2016) ที่กล่าวว่า กากถั่วเหลืองสามารถผลิตเอทานอลได้ โดยที่ความเข้มข้นของเอทานอลที่ผลิตได้เท่ากับ 28.5 กรัมต่อลิตร และจากงานวิจัยของ บุญเหลือ ใจดี และคณะ (2017) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการผลิตเอทานอลระหว่างถั่วเหลืองสด และกากถั่วเหลือง พบว่า ถั่วเหลืองสดมีความเข้มข้นของเอทานอลที่ผลิตได้มากกว่ากากถั่วเหลืองถึง 1.8 เท่า โดยความเข้มข้นที่ผลิตได้เท่ากับ 51.3 กรัมต่อลิตร

สับปะรดเป็นพืชที่มีศักยภาพในการผลิตเอ ทานอลอีกชนิดหนึ่ง เนื่องจากมีผลผลิตเกือบทั้งปี และประเทศไทยเป็นผู้นำในการส่งออกสับปะรดกระป๋อง ปัจจุบันเศษสับปะรด เช่น เปลือกสับปะรด แกนสับปะรด เศษเนื้อสับปะรดที่เหลือจากกระบวนการผลิต จะนำไปทำเป็นอาหารสัตว์ ซึ่งถ้านำเศษสับปะรดเหล่านี้มาผลิตเอทานอลจะเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะผลิตเอทานอลจากวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม

การผลิตเอทานอลจากสับปะรดโดยทั่วไปได้จากการหมักน้ำคั้นจากสับปะรด แบบกะ โดยใช้จุลินทรีย์เป็นตัวช่วยเปลี่ยนน้ำตาลในน้ำหมักให้เป็นเอทานอล การที่จะได้เปอร์เซ็นต์เอทานอลที่สูงหรือต่ำนั้นขึ้นกับความเข้มข้นของน้ำตาลที่อยู่ในสับปะรด โดยทั่วไปการหมักเอทานอลจากสับปะรดจะได้เอทานอล 5 - 6 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นปริมาณที่ไม่สูงนัก และในการทำให้เอทานอลมีความเข้มข้นขึ้นถึง 99.5 เปอร์เซ็นต์ ต้องใช้พลังงานเป็นจำนวนมาก ซึ่งไม่คุ้มทุนในการผลิตในระดับอุตสาหกรรม

และจากรายงานการวิจัยของเหมือนฝัน และคณะ (2018) ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพการผลิตเอทานอลจากสับปะรด โดยใช้จุลินทรีย์ *Saccharomyces cerevisiae* Sc90 พบว่า สับปะรดสามารถผลิตเอทานอลได้ แต่ความเข้มข้นของเอทานอลที่ผลิตได้มีค่าน้อย เพียง 10.4 กรัมต่อลิตรเท่านั้น

ผู้ประดิษฐ์และคณะจึงได้มีแนวคิดนำสับปะรดมาผลิตเอทานอลเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทน โดยพัฒนาสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับผลิตเอทานอลโดยนำสับปะรดและถั่วเหลืองมาเป็นวัตถุดิบหลัก ซึ่งสามารถผลิตเอทานอลได้ดีเทียบเท่าสูตรอาหารมาตรฐานที่มีราคาแพง เป็นการลดต้นทุนในการผลิตเอทานอลลง และยังเป็นการช่วยเหลือเกษตรกรผู้ปลูกสับปะรดได้อีกทางหนึ่งด้วย

ลักษณะและความมุ่งหมายของการประดิษฐ์

สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับผลิตเอทานอล มีส่วนประกอบดังนี้ สับปะรด, ถั่วเหลือง, ยีสส์สกัด, เพปทีน (pepone), เด็กซ์โตรส (Dextrose) และน้ำ

โดยการประดิษฐ์นี้มีวัตถุประสงค์คือ เพื่อพัฒนาสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับผลิตเอทานอลโดยใช้สับปะรดและถั่วเหลืองเป็นวัตถุดิบหลัก เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตเอทานอลเพื่อนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนให้มากขึ้น และสามารถลดต้นทุนในการผลิตเอทานอลลงได้ อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มมูลค่าผลผลิตทางการเกษตรของประเทศให้มากขึ้นด้วย

การเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์

1. สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับผลิตเอทานอล มีส่วนประกอบดังนี้

สับปะรด	30 - 42	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
ถั่วเหลือง	20 - 28	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
ยีสส์สกัด	5 - 8	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
เพปโทน (peptone)	8 - 10	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
เด็กซ์โตรส (Dextrose)	8 - 10	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
ปรับปริมาตรด้วยน้ำให้ครบ	100	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

โดย สับปะรด สามารถเลือกได้จาก ผลสับปะรด หรือแกนสับปะรด หรือใบสับปะรด อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือรวมกันตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป ที่มีค่าพีเอช อยู่ระหว่าง 4.5 – 5.5 และมีปริมาณที่เหมาะสมในการนำมาเป็นส่วนประกอบของสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับผลิตเอทานอลตามการประดิษฐ์ คือ 38 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

ถั่วเหลือง สามารถเลือกได้จาก เมล็ดถั่วเหลือง หรือกากเมล็ดถั่วเหลือง หรือใบถั่วเหลือง หรือต้นถั่วเหลือง อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือรวมกันตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป และมีปริมาณที่เหมาะสมในการนำมาเป็นส่วนประกอบของสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับผลิตเอทานอลตามการประดิษฐ์ คือ 26 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

ยีสส์สกัด มีปริมาณที่เหมาะสมในการนำมาเป็นส่วนประกอบของสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับผลิตเอทานอลตามการประดิษฐ์ คือ 6.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

เพปโทน (peptone) มีปริมาณที่เหมาะสมในการนำมาเป็นส่วนประกอบของสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับผลิตเอทานอลตามการประดิษฐ์ คือ 9.3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

เด็กซ์โตรส (Dextrose) มีปริมาณที่เหมาะสมในการนำมาเป็นส่วนประกอบของสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับผลิตเอทานอลตามการประดิษฐ์ คือ 9.3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

2. ผลการศึกษา

2.1 การศึกษาประสิทธิภาพในการผลิตเอทานอลของสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับผลิตเอทานอลตามการประดิษฐ์นี้

ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการผลิตเอทานอลระหว่างสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับผลิตเอทานอลตามการประดิษฐ์นี้ และสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อมาตรฐาน โดยนำไปหมักด้วยจุลินทรีย์ *Saccharomyces cerevisiae* ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และทำการวัดความเข้มข้นของเอทานอลที่ผลิตได้ทุกๆ 6 ชั่วโมง

ผลการทดสอบ พบว่า สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับผลิตเอทานอล ตามการประดิษฐ์นี้ มีความเข้มข้นของเอทานอลที่ผลิตได้ เมื่อเวลา 6, 12, 18, 24 ชั่วโมง เท่ากับ 78, 82, 89 และ 95 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ

ในขณะที่สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อมาตรฐาน มีความเข้มข้นของเอทานอลที่ผลิตได้ เมื่อเวลา 6, 12, 18, 24 ชั่วโมง เท่ากับ 23.1, 25.6, 27.8 และ 29.8 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ

2.2 การศึกษาราคาต้นทุนของสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับผลิตเอทานอลตามการประดิษฐ์นี้

ทำการเปรียบเทียบราคาต้นทุนของสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับผลิตเอทานอลตามการประดิษฐ์นี้ กับสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อมาตรฐาน

ซึ่งพบว่า สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับผลิตเอทานอลตามการประดิษฐ์นี้ มีต้นทุนของวัตถุดิบที่นำมาเป็นส่วนประกอบในอาหารเลี้ยงเชื้อ เท่ากับ 38.5 บาท และมีต้นทุนการผลิตเอทานอลต่อเอทานอลที่ผลิตได้ เท่ากับ 1.71 บาท

ในขณะที่สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อมาตรฐานมีต้นทุนของวัตถุดิบที่นำมาเป็นส่วนประกอบในอาหารเลี้ยงเชื้อเท่ากับ 77 บาท และมีต้นทุนการผลิตเอทานอลต่อเอทานอลที่ผลิตได้ เท่ากับ 6.22 บาท (ดังแสดงในตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 แสดงผลการศึกษาประสิทธิภาพในการผลิตเอทานอลและต้นทุนของสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับผลิตเอทานอลตามการประดิษฐ์นี้

สูตรอาหารที่ทดสอบ	ต้นทุนของวัตถุดิบที่นำมาเป็นส่วนประกอบในอาหารเลี้ยงเชื้อ (บาท)	ต้นทุนการผลิตเอทานอลต่อเอทานอลที่ผลิตได้ (บาท)
สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อตามการประดิษฐ์นี้	38.5	0.58
สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อมาตรฐาน	77	2.93

2.3 การศึกษาประสิทธิภาพราคาต้นทุนของสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับผลิตเอทานอลตามการประดิษฐ์นี้

ทำการศึกษาโดยนำเอทานอลที่ผลิตจากสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับผลิตเอทานอลตามการประดิษฐ์นี้ ด้วยการนำเอทานอลดังกล่าวมาผสมกับน้ำมันเบนซินในอัตราส่วนร้อยละ 85 และนำไปทดลองเติมรถยนต์ แล้วทำการบันทึกระยะทางที่รถสามารถใช้งานได้ และอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน จากนั้นนำเปรียบเทียบกับรถยนต์ที่เติมเชื้อเพลิงชนิดแก๊สโซฮอล์ อี85 (E85)

ผลการทดสอบพบว่า รถยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงเอทานอลที่ผลิตจากสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับผลิตเอทานอลตามการประดิษฐ์ผสมกับน้ำมันเบนซินในอัตราส่วนร้อยละ 85 สามารถใช้งานได้ถึง 650 กิโลเมตร และมีอัตราการสิ้นเปลืองเท่ากับ 20.3 กิโลเมตร/ลิตร ในขณะที่รถยนต์ที่เติมเชื้อเพลิงชนิดแก๊สโซฮอล์ อี85 (E85) สามารถใช้งานได้เพียง 550 กิโลเมตร และมีอัตราการสิ้นเปลืองเท่ากับ 26.9 กิโลเมตร/ลิตร

จากข้อมูลที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับผลิตเอทานอลตามการประดิษฐ์นี้ ใช้เวลาในการผลิตเอทานอลน้อยกว่าสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อมาตรฐาน โดยใช้เวลาเพียง 6 ชั่วโมงในการผลิตเอทานอล ซึ่งมีความเข้มข้นเท่ากับ 78 กรัมต่อลิตร และเมื่อผ่านไป 24 ชั่วโมงสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับผลิตเอทานอลตามการประดิษฐ์สามารถผลิตเอทานอลได้ความเข้มข้นเท่ากับ 95 กรัมต่อลิตร ซึ่งมากกว่าสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อมาตรฐาน 3.2 เท่า ทั้งนี้ยังพบว่าสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับผลิตเอทานอลตามการประดิษฐ์นี้ มี

ต้นทุนการผลิตเอทานอลต่อเอทานอลที่ผลิตได้ ที่น้อยกว่าสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อมาตรฐาน 2 เท่า และยังมีต้นทุนของวัตถุดิบที่นำมาเป็นส่วนประกอบในอาหารเลี้ยงเชื้อที่น้อยกว่าสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อมาตรฐานถึง 5 เท่า นอกจากนี้ เอทานอลที่ผลิตจากสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับผลิตเอทานอลตามการประดิษฐ์มีประสิทธิภาพในการนำมาเป็นส่วนประกอบของน้ำมันเชื้อเพลิงได้เทียบเท่าน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีการผสมเอทานอลที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันได้

<u>วิธีการในการประดิษฐ์ที่ดีที่สุด</u>

เหมือนกับที่ได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อการเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์

ข้อถือสิทธิ

1. สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับผลิตเอทานอล มีส่วนประกอบดังนี้

สับปะรด	30 - 42	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
ถั่วเหลือง	20 - 28	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
ยีสส์สกัด	5 - 8	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
เพปโทน (peptone)	8 - 10	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
เด็กซ์โตรส (Dextrose)	8 - 10	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
ปรับปริมาตรด้วยน้ำให้ครบ	100	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

2. สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับผลิตเอทานอล ตามข้อถือสิทธิที่ 1 ที่ซึ่ง สับปะรด สามารถเลือกได้จาก ผลสับปะรด หรือแกนสับปะรด หรือใบสับปะรด อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือรวมกันตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป

3. สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับผลิตเอทานอล ตามข้อถือสิทธิที่ 1 หรือ 2 ที่ซึ่ง สับปะรดที่เหมะสมคือ สับปะรดที่มีค่าพีเอช อยู่ระหว่าง 4.5 – 5.5

4. สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับผลิตเอทานอล ตามข้อถือสิทธิที่ 1 – 3 ข้อใดข้อหนึ่ง ที่ซึ่ง สับปะรด มีปริมาณที่เหมาะสมในการนำมาเป็นส่วนประกอบของสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับผลิตเอทานอลตามการประดิษฐ์ คือ 38 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

5. สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับผลิตเอทานอล ตามข้อถือสิทธิที่ 1 – 4 ข้อใดข้อหนึ่ง ที่ซึ่ง ถั่วเหลือง สามารถเลือกได้จาก เมล็ดถั่วเหลือง หรือกากเมล็ดถั่วเหลือง หรือใบถั่วเหลือง หรือต้นถั่วเหลือง อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือรวมกันตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป

6. สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับผลิตเอทานอล ตามข้อถือสิทธิที่ 1 – 5 ข้อใดข้อหนึ่ง ที่ซึ่ง ถั่วเหลือง มีปริมาณที่เหมาะสมในการนำมาเป็นส่วนประกอบของสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับผลิตเอทานอลตามการประดิษฐ์ คือ 26 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

7. สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับผลิตเอทานอล ตามข้อถือสิทธิที่ 1 – 6 ข้อใดข้อหนึ่ง ที่ซึ่ง ยีสส์สกัด มีปริมาณที่เหมาะสมในการนำมาเป็นส่วนประกอบของสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับผลิตเอทานอลตามการประดิษฐ์ คือ 6.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

8. สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับผลิตเอทานอล ตามข้อถือสิทธิที่ 1 – 7 ข้อใดข้อหนึ่ง ที่ซึ่ง เพปโทน (peptone) มีปริมาณที่เหมาะสมในการนำมาเป็นส่วนประกอบของสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับผลิตเอทานอลตามการประดิษฐ์ คือ 9.3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

9. สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับผลิตเอทานอล ตามข้อถือสิทธิที่ 1 – 8 ข้อใดข้อหนึ่ง ที่ซึ่ง เด็กซ์โตรส (Dextrose) มีปริมาณที่เหมาะสมในการนำมาเป็นส่วนประกอบของสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับผลิตเอทานอลตามการประดิษฐ์ คือ 9.3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

บทสรุปการประดิษฐ์

สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับผลิตเอทานอล มีส่วนประกอบดังนี้ สับปะรด, ถั่วเหลือง, ยีสส์สกัด, เพปทีน (pepone), เด็กซ์โตรส (Dextrose) และน้ำ โดยเป็นการพัฒนาสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับผลิตเอทานอลโดยใช้สับปะรดและถั่วเหลืองสดเป็นวัตถุดิบหลัก เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตเอทานอลเพื่อนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนให้มากขึ้น และสามารถลดต้นทุนในการผลิตเอทานอลลงได้ อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มมูลค่าผลผลิตทางการเกษตรของประเทศให้มากขึ้นด้วย