บทที่ 1
บทนำ (Introduction)

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

ยางพารา เป็นพืชไร่เศรษฐกิจที่สำคัญอันดับหนึ่งของประเทศไทยในปัจจุบัน และประเทศไทยจัดเป็นผู้ส่งออกยางพารารายใหญ่ที่สุดในโลก ยางธรรมชาติของประเทศถูกส่งออกในรูปยางแห้ง หรือยางดิบ [ได้แก่ ยางแผ่นรมควัน (Ribbed Smoked Sheet, RSS) ยางแท่งมาตรฐาน (Standard Thai Rubber, STR) ยางแผ่นผึ่งแห้ง (Air Dried Sheet, ADS) และยางเครพ (Rubber Crepe)] และน้ำยางข้น โดยทั่วไป ภายหลังได้น้ำยางจากสวนยาง เกษตรกรชาวสวนจะผลิตยางแผ่นดิบเพื่ออุตสาหกรรมยางแผ่นรมควัน ซึ่งเป็นสัดส่วนยางธรรมชาติที่ผลิตได้มากกว่าร้อยละ 70 นอกจากนั้น เกษตรกรบางส่วนจะขายเป็นน้ำยางสดให้อุตสาหกรรมโรงงานน้ำยางข้นหรือโรงงานผลิตยางแท่งคุณภาพสูง โดยน้ำยางสดส่วนใหญ่ก่อนส่งถึงโรงงานจะถูกผสมด้วยกรดฟอร์มิกหรือกรดซัลฟิวริกเพื่อจับตัวเนื้อยาง

หากไม่พิจารณาถึงกลุ่มสหกรณ์ชาวสวนยางที่มีการผลิตยางธรรมชาติในปริมาณมาก อาจกล่าวได้ว่าอุตสาหกรรมยางประกอบด้วยกลุ่มอุตสาหกรรมหลัก 2 ส่วน คือ อุตสาหกรรมระดับต้นน้ำซึ่งผลิตวัตถุดิบได้แก่ ยางแผนรมควัน ยางแท่งมาตรฐานและน้ำยางข้น และอุตสาหกรรมปลายน้ำได้แก่ อุตสาหกรรมผลิตยางแปรรูป จะเห็นว่าอุตสาหกรรมต้นน้ำเป็นอุตสาหกรรมที่มีการใช้ยางธรรมชาติในปริมาณที่มากที่สุด และมักจะประสบปัญหาในเรื่องของของเสียที่เกิดขึ้น ได้แก่ น้ำเสียและอากาศเป็นมลพิษหลังกระบวนการผลิต ซึ่งสารตกค้างบางส่วนที่เหลือมาจากกระบวนการผลิตไม่ได้เกิดขึ้นจากกิจกรรมในโรงงานอุตสาหกรรมเอง แต่หากเกิดตั้งแต่วัตถุดิบที่เข้าสู่โรงงาน อาทิเช่น กรดฟอร์มิก หรือกรดซัลฟิวริกที่เติมลงในน้ำยางในขั้นปฐมภูมิจากเกษตรกรชาวสวนยาง เป็นต้น อย่างไรก็ดีในกระบวนการผลิตน้ำยางข้นของอุตสาหกรรมก็มีการใช้กรดในการจับตัวเนื้อยางเช่นกัน และปริมาณสารเหลือทิ้งจำพวกกรดค่อนข้างมากเมื่อเทียบกับปริมาณสารเคมีที่ใช้ในขั้นปฐมภูมิ ในกระบวนการผลิตน้ำยางข้นจะต้องมีการล้างเครื่องมือปั่นน้ำยาง (Centrifuge) และอุปกรณ์ต่าง ๆ ทุก 2 ชั่วโมงเพื่อกำจัดขี้แป้งหรือสลัดจ์ (Sludge) ออกจากจานโบล์ว กระบวนการนี้จะต้องใช้ปริมาณน้ำประมาณ 1 เท่าของปริมาณน้ำยางสดที่เป็นวัตถุดิบ ทำให้น้ำทิ้งจากโรงงานเหล่านี้มีปริมาณมหาศาล บางโรงงานอาจมีปริมาณน้ำทิ้งที่ปล่อยเข้าบ่อดักสูง และสามารถทำรายได้จากการจำหน่ายเป็นยางดำหรือทำยางสกิม อย่างไรก็ดีการบำบัดน้ำเสียที่เกิดจากโรงงานน้ำยางข้นที่เกิดจากการใช้กรดก่อให้เกิดปัญหามลพิษทั้งกลิ่นและน้ำเสียต่อชุมชน ปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งรวมมีประมาณร้อยละ 60 (Selvarai, 2003) สารอินทรีย์จะถูกย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์ทั้งที่ใช้ออกซิเจน (Aerobic reaction) และไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic reaction) ซึ่งเป็นสาเหตุให้คุณภาพน้ำทิ้งต่ำมาก (ค่าบีโอดี ซีโอดี ปริมาณของแข็งและสารแขวนลอยต่าง ๆ สูงเกินกว่ามาตรฐานน้ำทิ้ง) อาทิเช่น น้ำเสียยางข้นมีค่าบีโอดีเฉลี่ย 2,390 mg/l และมี

สารแขวนลอยโดยเฉลี่ยประมาณ 2,412 mg/l ค่าพีเอชในสภาพเป็นด่างประมาณ 8.88 น้ำเสียเหล่านี้มีปริมาณสารประกอบซัลเฟตสูงเพราะการใช้กรดซัลฟิวริกในการจับตัวเนื้อยาง ปริมาณซัลเฟตจะอยู่ในช่วง 350-400 mg/l และมีกลิ่นเหม็นรุนแรงเพราะก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ นอกจากนี้แล้วยังมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนมอนอกไซด์และออกไซด์ของไนโตรเจนในปริมาณที่สูง เช่นกัน

ปัจจุบันมีหลาย ๆ โรงงานของอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารทะเล เช่น โรงงานอาหารทะเลแช่แข็งในพื้นที่จังหวัดสงขลา ใช้น้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตมาบำบัดด้วยถังปฏิกรณ์แบบยูเอเอสบี (UASB) และสามารถผลิตก๊าซชีวภาพจนประสบผลสำเร็จเป็นที่น่าพอใจ ทำให้สามารถลดปัญหาจากมลภาวะทางอากาศและน้ำได้ดี และผลพลอยได้ที่สำคัญจากการบำบัดแบบไม่ใช้อากาศด้วยแบคทีเรียจะทำให้ได้ก๊าซชีวภาพปริมาณหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้โดยเฉพาะก๊าซมีเทน (CH_4) ที่เกิดจากกระบวนการย่อยสลายของแบคทีเรียแบบไม่ใช้ออกซิเจนและสามารถนำใช้เป็นเชื้อเพลิงมวลเบาเป็นพลังงานทดแทนได้ดี อาทิเช่น การผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลสุกรในจังหวัดนครปฐมที่นำก๊าซชีวภาพมาใช้ในครัวเรือนและการผลิตก๊าซชีวภาพจากฟาร์มสุกร จังหวัดราชบุรี ที่สามารถผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อใช้ลดต้นทุนการใช้เชื้อเพลิงให้ความร้อนกับพื้นที่เลี้ยงลูกสุกร และสามารถขาย carbon credit ได้จำนวนหนึ่ง หรือตัวอย่างโรงงานผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะฝังกลบที่จังหวัดเชียงใหม่ที่นำก๊าซมีเทนที่ได้ไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า และกลุ่มสหกรณ์ผู้เลี้ยงสุกรในอำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ ที่สามารถนำมาใช้ในกระบวนการหุงต้มได้ประมาณ 30 ครัวเรือน เป็นต้น สำหรับอุตสาหกรรมน้ำยางข้น พบว่ามีความตื่นตัวและให้ความสนใจที่จะดำเนินการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำทิ้งบ้างแล้ว โดยบางโรงงานในเขตจังหวัดสงขลาประสบความสำเร็จในการผลิตก๊าซชีวภาพ หากแต่ยังไม่สามารถแก้ไขปัญหาอันเนื่องมาจากก๊าซพิษชนิดต่าง ๆ ที่ออกมาพร้อมกับก๊าซมีเทนดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยเฉพาะก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_X) จึงเป็นที่น่าสนใจเป็นอย่างยิ่งที่จะหาแนวทางในการพัฒนาระบบกำจัดก๊าซที่เป็นพิษ ซึ่งควรมีระบบที่ใช้งานง่ายโดยมีผลกระทบน้อยต่อการเสื่อมสลายของก๊าซมีเทนในเกณฑ์ต่ำ

เป็นที่ทราบกันดีว่าก๊าซโอโซน เป็นก๊าซที่เป็นตัวออกซิไดซ์ที่รุนแรงรองจากคลอรีนและฟลูออรีน โอโซนมีโครงสร้างโมเลกุลที่ไม่เสถียรเกิดจากการรวมกันของออกซิเจน 3 อะตอม ปฏิกิริยาทั้งหมดของการสร้างโอโซน อธิบายได้ด้วยปฏิกิริยาการดูดความร้อน (Endothermic reaction) การผลิตโอโซนรวมทั้งอนุพันธ์ของอะตอมออกซิเจนที่สามารถเกิดปฏิกิริยากับโมเลกุลของออกซิเจน เริ่มจากโมเลกุลของออกซิเจนใช้พลังงาน 493.3 kJ/mol สำหรับอนุพันธ์ O (^3P) และ 682.8 kJ/mol สำหรับ O (^1D) ปฏิกิริยาหลัก ๆ ในการกำเนิดโอโซนคือ

$$O(^3P) + O_2 x^3 \sum_g^- + M = O_3 \qquad (1.1)$$

และ

$$O(^1D) + O_2 x^3 \sum_g^- = O_3 \qquad (1.2)$$

กระบวนการทั้งหมดนี้สามารถทำให้โมเลกุลของออกซิเจน แตกตัวเป็นอนุพันธ์ของออกซิเจน แหล่งพลังงานที่ทำให้เกิดการแตกตัวของโมเลกุลของก๊าซออกซิเจน และเกิดการสังเคราะห์เป็นก๊าซโอโซนที่นิยมใช้ในปัจจุบัน คือ พลาสมาดิสชาร์จไฟฟ้าแบบโคโรนา และดิสชาร์จไฟฟ้าแบบไซเลนท์ (พลาสมา หมายถึง ไอออนของก๊าซที่อยู่รวมกับอนุภาคอิเล็กตรอนกันเป็นกลุ่มก้อน มีปริมาณใกล้เคียงกันและแสดงพฤติกรรมเป็นกลางทางไฟฟ้า แต่สามารถทำให้เกิดอันตรกริยาทางไฟฟ้าและปฏิกิริยาทางเคมีได้เมื่อได้รับพลังงานจากภายใน เช่น แรงลอเรนซ์จากสนามแม่เหล็ก และแรงคูลอมบ์จากสนามไฟฟ้า เป็นต้น) ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซโอโซนที่สังเคราะห์ได้จะขึ้นกับศักย์ไฟฟ้าของแหล่งจ่ายพลังงาน ความถี่ของแหล่งพลังงานที่ใช้ และระยะห่างระหว่างขั้วอิเล็กโตรด (Eliasson and Kogelschatz, 1991) ก๊าซโอโซนถูกนำไปประยุกต์ใช้งานด้านสิ่งแวดล้อมและด้านสุขภาพมากมาย อาทิเช่น การนำโอโซนไปละลายในน้ำเพื่อใช้ในการล้างสารยาฆ่าแมลงที่ตกค้างในผักผลไม้, การนำโอโซนไปช่วยกำจัดกลิ่นในโรงงานอุตาสาหกรรมยางธรรมชาติ และการนำโอโซนไปใช้ในการฆ่าเชื้อโรคระหว่างการผลิตวุ้นมะพร้าว เป็นต้น อย่างไรก็ดี ในประเทศไทยการนำก๊าซโอโซนไปใช้งาน ผู้ใช้ในโรงงานมักได้รับคำแนะนำการใช้งานจากผู้ขายหรือตัวแทนจำหน่ายเครื่องโอโซนที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะไม่ทราบกระบวนการผลิตก๊าซโอโซนให้ได้ปริมาณมากหรือน้อยตามความต้องการใช้งาน และโดยเฉพาะการนำเอาก๊าซโอโซนไปใช้งานให้เหมาะสมกับงานของผู้ใช้ ซึ่งเครื่องผลิตโอโซนที่มีจำหน่ายเชิงพาณิชย์นั้นจะไม่ได้สร้างเฉพาะเจาะจงสำหรับงานแต่ละประเภท ทำให้ต้นทุนในการบำบัดด้วยก๊าซโอโซนมีราคาสูงเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารเคมีที่มีฤทธิ์เป็นตัวออกซิไดซ์ที่รุนแรงบางชนิดถูกนำมาใช้งานแทน เช่น คลอรีนที่ใช้ฆ่าเชื้อโรคในน้ำสำหรับสระว่ายน้ำ หรือฆ่าเชื้อในอุตสาหกรรมอาหารทะเลแช่แข็ง เป็นต้น อย่างไรก็ดีหากเปรียบเทียบถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยรวมเมื่อใช้สารเคมีและการเลือกใช้ก๊าซโอโซน พบว่าก๊าซโอโซนมีข้อดีและน่าสนใจกว่าการใช้สารเคมี กล่าวคือ ก๊าซโอโซนมีการสลายตัวได้อย่างรวดเร็ว ทำปฏิกิริยาได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ อีกทั้งสามารถสลายตัวได้เองเมื่อได้รับความร้อนหรือปล่อยทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง และประการสำคัญก็คือ การบำบัดด้วยก๊าซโอโซนจะไม่เกิดสารตกค้างที่เป็นอันตรายหรือย่อยสลายยากโดยธรรมชาติ เนื่องจากก๊าซโอโซนจะทำลายโครงสร้างขนาดใหญ่ของสารประกอบโมเลกุลเชิงซ้อนในสารละลาย จึงย่อยสลายตามธรรมชาติได้ดีขึ้น ผลพลอยได้ก็คือปริมาณโมเลกุลของก๊าซออกซิเจนในสารละลาย มีแนวโน้มสูงขึ้นกว่าการบำบัดโดยไม่ใช้ก๊าซโอโซน (Eliasson and Kogelchatz, 1991)

สำหรับการสร้างโอโซนจากการดิสชาร์จไฟฟ้าแบบไซเลนท์นั้น พบว่า ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซโอโซนที่ผลิตได้ต่อหน่วยพื้นที่ผิวของอิเล็กโตรดจะขึ้นกับพารามิเตอร์หลายตัว เช่น ความต่างศักย์ไฟฟ้า ความถี่ของแหล่งจ่ายพลังงาน ช่องว่างระหว่างขั้วอิเล็กโตรด และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่ใช้ในการผลิตก๊าซโอโซน และยังไม่มีข้อมูลงานวิจัยที่ชัดเจนในประเทศไทยว่า ขณะเกิดก๊าซโอโซนนั้น มีปรากฏการณ์ที่อธิบายได้เชิงเคมีฟิสิกส์ว่าอย่างไร พลังงานที่ใช้ในการดิสชาร์จไฟฟ้าแบบไซเลนท์นี้สามารถนำมาจากแหล่งจ่ายพลังงานได้หลายรูปแบบและที่นิยมใช้กัน ได้แก่ การกำเนิดพลาสมาด้วย

คลื่นวิทยุความถี่สูง การกำเนิดพลาสมาด้วยศักย์ไฟฟ้าแรงสูงหรือกระแสไฟฟ้าแรงสูงแบบต่อเนื่องและแบบสัญญาณพัลส์ เป็นต้น ซึ่งในโครงการวิจัยนี้จะเลือกใช้เทคนิคการสร้างพลาสมาด้วยศักย์ไฟฟ้าแรงสูง เพราะสามารถขยายสเกลได้ง่ายและไม่ต้องกังวลปัญหาเรื่องการทำระบบ Matching เพื่อนำพลังงานจากคลื่นวิทยุมาใช้สร้างดิสชาร์จพลาสมา

ดังนั้นโครงการวิจัยนี้จึงถูกนำเสนอขึ้นมา เพื่อออกแบบและทดสอบระบบต้นแบบของการกำจัดก๊าซพิษจากน้ำเสียน้ำทิ้งของอุตสาหกรรมน้ำยางข้น และเพื่อศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของการทำงานของระบบกำจัดก๊าซพิษด้วยก๊าซโอโซนจากเทคนิคทางพลาสมาเคมี

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

- ศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนาระบบกำจัดก๊าซพิษจากน้ำเสียอุตสาหกรรมน้ำยางข้น
- ออกแบบและสร้างระบบพลาสมาเคมีแบบกึ่งอัตโนมัติเพื่อผลิตโอโซนสำหรับกำจัดก๊าซพิษ
- เพื่อศึกษาปัจจัยและลักษณะเฉพาะทางไฟฟ้าที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของระบบกำจัดก๊าซพิษด้วยโอโซนจากเทคนิคพลาสมาเคมี

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

- ทดลองหาพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าที่มีต่อการกำเนิดก๊าซโอโซนด้วยเทคนิคพลาสมาเคมีภายใต้เงื่อนไขต่าง ๆ ได้แก่ อัตราการไหลของก๊าซ, ระยะห่างระหว่างช่องอิเล็กโตรด
- ออกแบบและสร้างระบบอุปกรณ์ทดลอง
- ออกแบบและทดสอบระบบกำจัดก๊าซพิษขนาดต้นแบบเป็นท่อทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 10 cm.
- วิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล