บทที่ 1

บทนำ

พลาสมาเย็นความดันบรรยากาศ (cold atmospheric pressure plasmas :CAPPs) ได้รับความนิยมในการนำมาประยุกต์ใช้ทางด้านชีวการแพทย์ (biomedical applications) เนื่องจากพลาสมาเย็นนี้มีความสารถในการลดการปนเปื้อนทางชีวภาพ (biological decontamination) และการทำไร้เชื้อ (sterilization) ของพื้นผิวต่างๆ [1–5] การบำบัดโรคทางผิวหนัง [1,6] ช่วยในการห้ามเลือด (blood coagulation) และการรักษาแผล (wound healing) [1–3,7–9] บทบาทสำคัญของพลาสมาเย็นความดันบรรยากาศในการประยุกต์ใช้งานในด้านเหล่านี้ คือ ความสามารถในการผลิตกลุ่มอนุมูลรีแอคทีฟออกซิเจน-ไนโตรเจน (reactive oxygen-nitrogen species; RONS) ซึ่งทำหน้าที่เป็น reactive agents ในขณะที่อุณหภูมิของพลาสมายังคงมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิของก๊าซที่ใช้ผลิตพลาสมา ทำให้มีความเหมาะสมและปลอดภัยสำหรับการใช้งานกับเซลล์และเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิตได้ อนุมูลที่สำคัญที่อยู่ในพลาสมาประกอบด้วย O, O_3, NO, NO_2 และ OH โดยเฉพาะอย่างยิ่ง อนุมูลไฮดรอกซิล (hydroxyl radical; OH) ซึ่งได้มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในการประยุกต์พลาสมาเย็นนี้ในด้านชีวการแพทย์ [9–12] ทำหน้าที่เป็นตัวออกซิไดซ์ที่มีศักยภาพสูง (highly oxidation agency) โดยสามารถทำให้เกิดการทำลายบนตำแหน่งกรดไขมันบนโมเลกุลไขมัน (fatty acid side chains of lipids) ในเยื่อหุ้มเซลล์ (membranes) เช่น เยื่อหุ้มไมโทคอนเดรีย (mitochondrial membranes) ของเซลล์ต่างๆทำให้เซลล์ตายได้ โดยเฉพาะเซลล์ของจุลินทรีย์ [13,14] ในขณะที่อนุมูลไนตริกออกไซด์ (nitric oxide radical; NO) ทำหน้าที่เกี่ยวกับการกระตุ้นให้เกิดเซลล์ใหม่ ได้แก่ ทำหน้าที่ในการส่งต่อสัญญาณ (signal transduction) ระหว่างเซลล์ การกระตุ้น macrophages (stimulation of macrophages) เหนี่ยวนำให้เกิด cytokines T-lymphocytes และ immunoglobulin ต่างๆ และทำให้เกิดการคลายตัวของกล้ามเนื้อเรียบ (smooth muscle relaxation) [2,9,12] ด้วยการใช้ประโยชน์พลาสมาในด้านเหล่านี้ เทคนิคหรือกระบวนการวิเคราะห์ความหนาแน่นของอนุมูลต่างๆในพลาสมาเย็นนี้จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งเพื่อให้เกิดการงานพลาสมาให้ได้ประโยชน์สูงสุดตามจุดประสงค์ของการใช้งานและปลอดภัยต่อการใช้งานในด้านชีวการแพทย์ อีกทั้งยังช่วยในการพัฒนาอุปกรณ์สำหรับผลิตพลาสมาเย็นในอนาคตได้อีกด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สำหรับการวัดค่าความเข้มข้นอนุมูลต่างๆ ข้างต้นนั้นทำได้หลากหลายวิธี โดยวิธีที่ได้รับความนิยมในปัจจุบัน คือ สเปกโทรสโคปีแบบเปล่งแสง (Optical Emission Spectroscopy; OES) การเกิดฟลูออเรสเซนต์โดยการกระตุ้นด้วยแสงเลเซอร์ (Laser-Induced Fluorescence; LIF) สำหรับ OES นั้นถือว่าเป็นวิธีการพื้นฐานที่ใช้งานในห้องปฏิบัติการพลาสมาทั่วไป แต่วิธีการนี้มีข้อเสีย คือ ไม่สามารถบอกความหนาแน่นเฉพาะตำแหน่งได้ บอกได้เพียงความเข้มแสงสัมพัทธ์ (relative intensity) ในขณะที่ LIF สามารถบอกความหนาแน่นของอนุมูลเฉพาะตำแหน่งได้ แต่มีต้นทุนการทดลองค่อนข้างสูง โดยเฉพาะเลเซอร์ช่วงแสงยูวีและตัวตรวจจับแสง ICCD ซึ่งมีราคาสูงมาก และสเปกโทรสโคปีแบบดูดแสง (Optical Absorption Spectroscopy; OAS) ซึ่งในวิทยานิพนธ์นี้เลือกใช้วิธีการนี้ เนื่องจากมีต้นทุนทางด้านอุปกรณ์ที่ต่ำและให้ข้อมูลค่าความหนาแน่นของอนุมูลเฉพาะตำแหน่งได้ อีกทั้งสามารถประยุกต์ใช้อุปกรณ์ของสเปกโทรสโคปีแบบเปล่งแสงซึ่งเป็นอุปกรณ์วัดพื้นฐานในห้องปฏิบัติการวิจัยพลาสมา โดยในการทดลองใช้แหล่งกำเนิดแสงที่ให้แสงยูวี เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงระดับพลังงานของอิเล็กตรอนในโมเลกุลที่ต้องการศึกษาความหนาแน่น คือ ไฮดรอกซิลและไนตริกออกไซด์ ต้องใช้พลังงานที่อยู่ในช่วงรังสีอัลตราไวโอเลตหรือยูวี ตัวอย่างงานวิจัยที่มีการวัดความหนาแน่นของอนุมูลทั้งสองชนิดในพลาสมาเย็นความดันบรรยากาศด้วยสเปกโทรสโคปีแบบดูดกลืนรังสียูวี ได้แก่ งานวิจัยของ Choi และคณะ [13] ได้ศึกษาความหนาแน่นของอนุมูลไฮดรอกซิลที่เกิดจากพลาสมาความดันบรรยากาศแบบเจ็ทพลาสมา (direct plasma jet) และ dielectric barrier discharge (DBD) โดยใช้ก๊าซอาร์กอน (Ar) เป็นก๊าซทำงาน (working gas) งานวิจัยของ Kim และคณะ [15] ได้วัดความหนาแน่นของอนุมูลไฮดรอกซิลที่เกิดขึ้นบริเวณเหนือและภายในสารละลายที่แตกต่างกันสามชนิดที่ถูกยิง (bombard) ด้วยเจ็ทพลาสมาเย็นความดันบรรยากาศของก๊าซอาร์กอน

ความหนาแน่นของอนุมูลต่างๆ ในพลาสมาเย็นความดันบรรยากาศนั้นสามารถแปรเปลี่ยนได้ตามตัวแปรต่างๆ เช่น อัตราไหล (flow rate) ของก๊าซที่ใช้ผลิตพลาสมาความดันบรรยากาศ ความชุ่มชื้นของพื้นผิวตัวอย่าง ชนิดของก๊าซทำงานที่ใช้ผลิตพลาสมา และสำหรับเจ็ทพลาสมา ความหนาแน่นของอนุมูลยังแปรเปลี่ยนตามระยะห่างจากศูนย์กลางของเจ็ทพลาสมาด้วย เป็นต้น ดังจะเห็นได้จากงานวิจัยของ Hong และคณะ [16] ที่ได้ทำการยิงเจ็ทพลาสมาอาร์กอนลงบนผิวน้ำและทำวัดความหนาแน่นอนุมูลไฮดรอกซิลที่ตำแหน่งต่างๆ ระหว่างผิวน้ำถึงแท่งอิเล็กโทรดศักย์สูงของหัวพลาสมาเจ็ทด้วยสเปกโทรสโคปีแบบดูดกลืนแสงยูวี งานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าอัตราไหลของก๊าซอาร์กอนที่แตกต่างกันจะทำให้ความหนาแน่นของอนุมูลไฮดรอกซิลที่เกิดขึ้นมีค่าแตกต่างกัน เช่นเดียวกับ Yonemori และ Ono [17] ที่ได้ศึกษาความหนาแน่นของอนุมูลไฮดรอกซิลด้วยเทคนิค LIF ก็ให้ผลที่ตรงกัน คือ พบว่าการไหลของก๊าซฮีเลียมที่ใช้เป็นก๊าซทำงานในการผลิตเจ็ทพลาสมามีผลต่อความหนาแน่นของอนุมูลไฮดรอกซิลที่อยู่บนผิวตัวอย่างที่ถูกประยุกต์ด้วยพลาสมา ในขณะเดียวกันยังได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พบอีกว่าความหนาแน่นของอนุมูลไฮดรอกซิลบนผิวของตัวอย่างมีการกระจายตัวตามแนวรัศมี (radial distribution) โดยอนุมูลนี้มีความหนาแน่นสูงสุดที่จุดศูนย์ของลำพลาสมาและลดลงตามระยะรัศมีที่ห่างออกไป และความหนาแน่นของอนุมูลไฮดรอกซิลบริเวณบนพื้นผิวตัวอย่างนี้ยังขึ้นกับความชุ่มชื้นของพื้นผิวตัวอย่างด้วยนั่นคือ อนุมูลไฮดรอกซิลที่อยู่บนผิวแห้งจะมีความหนาแน่นน้อยกว่าที่อยู่บนผิวเปียก และจากงานวิจัยของ Joh และคณะ[18] หรือ T. Takamatsu และคณะ [19] หรือ Gaens และคณะ [20] ซึ่งได้ศึกษาลักษณะของเจ็ทพลาสมาที่ใช้ก๊าซทำงานแตกต่างกัน พบว่าการใช้ก๊าซทำงานที่แตกต่างกันจะทำให้เกิดอนุมูลไนตริกออกไซด์และไฮดรอกซิลในปริมาณที่แตกต่างกัน และจากงานวิจัยของ Joh และคณะ [21] ได้พบว่าการผสมก๊าซออกซิเจนในปริมาณที่แตกต่างกันลงในก๊าซฮีเลียมที่ใช้ในการผลิตเจ็ทพลาสมาเย็นความดันบรรยากาศ ทำให้ความหนาแน่นของอนุมูลไฮดรอกซิลและไนตริกออกไซด์ที่เกิดขึ้นมีค่าความหนาแน่นที่แตกต่างกันออกไปตามอัตราส่วนที่ผสมก๊าซออกซิเจนลงไป

ในงานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อหาเงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับการผลิตพลาสมาเย็นความดันบรรยากาศที่ทำให้เกิดอนุมูลไฮดรอกซิลและอนุมูลไนตริกออกไซด์สูงที่สุด โดยใช้สเปกโทรสโคปีแบบดูดกลืนแสงยูวีศึกษาความหนาแน่นของอนุมูลทั้งสองชนิดภายในลำพลาสมาและบนพื้นผิวตัวอย่างที่ถูกประยุกต์ด้วยพลาสมาเย็นความดันบรรยากาศซึ่งถูกผลิตด้วยเงื่อนไขที่แตกต่างกัน ในงานวิจัยนี้มีการดำเนินงานโดยจัดประกอบระบบสำหรับวัดสเปกโทรสโคปีแบบดูดกลืนยูวีโดยประยุกต์ใช้สเปกโทรมิเตอร์ที่ใช้ในการวัดสเปกโทรสโคปีแบบเปล่งแสง (OES) ทำการวัดความหนาแน่นของอนุมูลไฮดรอกซิลและอนุมูลไนตริกออกไซด์ที่อยู่ภายในลำพลาสมาและบนพื้นผิวของกระจกและผิวน้ำที่ถูกประยุกต์ด้วยพลาสมาเย็นความดันบรรยากาศที่ถูกผลิตจากหัวเมดิพลาสมาการดิสชาร์จข้ามฉนวนและพลาสมาเจ็ท ใช้ก๊าซอาร์กอนเป็นก๊าซทำงานโดยที่มีอัตราไหลแตกต่างกัน และในงานวิจัยนี้ยังได้ทำการวิเคราะห์การกระจายตัวของความหนาแน่นของอนุมูลทั้งสองชนิดนี้บนพื้นผิวตัวอย่างที่ถูกประยุกต์ด้วยพลาสมาเย็นความดันบรรยากาศเหล่านี้ด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved