

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

โรคมะเร็งส่งผลให้เกิดการตายของคนทั่วโลกมากกว่า 1 ล้านคนต่อปี จากสถิติของกระทรวงสาธารณสุข และสถาบันมะเร็งแห่งชาติ พบว่ามะเร็งตับ เป็นมะเร็งที่พบมากที่สุดในประเทศไทย พบมากในเพศชายเป็นอันดับ 1 ส่วนในเพศหญิงพบเป็นอันดับ 3 หรือ 4 รองจากมะเร็งเต้านมและปากมดลูก ปัจจุบันเป็นโรคที่ยังรักษาไม่หาย ส่วนใหญ่จะเสียชีวิตในเวลาอันรวดเร็ว การรักษาโรคมะเร็งในเนื้อเยื่อตับมีหลายวิธี เช่น

1.1.1 Alcohol Ablation เป็นการฉีดแอลกอฮอล์ รวมกับความร้อนเข้าไปทำลายเซลล์มะเร็ง ซึ่งจะทำให้แอลกอฮอล์รวมกับเลือดเป็นลิ่มเลือด ส่งผลทำให้การแพทย์ไม่สามารถทราบตำแหน่งเซลล์มะเร็งที่แน่นอนขณะทำการรักษา

1.1.2 Chemo Therapy เป็นเพียงการยับยั้งเซลล์มะเร็งเท่านั้นไม่สามารถทำลายเซลล์มะเร็งได้

1.1.3 LiTT (Laser – induced thermo therapy) วิธีนี้แพทย์ต้องมีความเชี่ยวชาญเป็นอย่างดีและใช้ต้นทุนในการรักษาสูง

1.1.4 Cryo Surgery เป็นการใช้ความเย็นในการรักษา และต้องมีการผ่าตัดรวมด้วย ทำให้เกิดอัตราการติดเชื้อสูง

1.1.5 RFA (Radio Frequency Ablation) ปัจจุบันได้มีการพัฒนาโดยมีการนำคลื่นวิทยุ (Radio Frequency) ซึ่งเป็นอีกวิธีหนึ่งในการรักษามะเร็งในเนื้อเยื่อตับโดยเรียกวิธีนี้ว่า HiTT – High frequency induced thermo therapy [1] ซึ่งเป็นการเหนี่ยวนำไฟฟ้ากระแสสลับทำให้เกิดคลื่นความถี่สูงถึง 375 kHz – 500 kHz และให้กำลังสูงสุด 60 วัตต์ โดยการรักษากระทำผ่านทางผิวหนัง และใช้เข็มเป็นตัวเจาะเข้าไปยังเซลล์มะเร็ง ส่วนของปลายเข็ม (active zone) จะเกิดความร้อน [2] [3] โดยจะมีน้ำเกลือเป็นตัวนำความร้อนจากปลายเข็มแพร่กระจายทำลายเซลล์ได้ดียิ่งขึ้น ส่วนพลังงานที่ใช้จะต้องขึ้นอยู่กับขนาดเซลล์มะเร็ง และดุลยพินิจของแพทย์ผู้ทำการรักษา จะรักษามะเร็งได้ในระยะที่ 1 จนถึงระยะที่ 3 ซึ่งถือได้ว่าเป็นระยะที่ค่อนข้างรุนแรงแล้ว

การรักษาด้วยวิธีการดังกล่าวต้องใช้ อัลตราซาวด์สแกนเนอร์ในการดูตำแหน่งของเซลล์มะเร็งตลอดเวลาในการรักษา การใช้คลื่นความถี่วิทยุถึงแม้ดูเหมือนจะประสบความสำเร็จในการรักษาโรคมะเร็งในเนื้อเยื่อตับ แต่ก็มีข้อจำกัดในด้านของขนาดเซลล์มะเร็งที่ถูกทำลาย นั่นคือ ก้อนมะเร็งที่มีขนาดใหญ่จะไม่สามารถรักษาด้วยวิธีนี้ได้ เนื่องจากเมื่อเนื้อเยื่อตับมีอุณหภูมิสูงกว่า 90 องศาเซลเซียส จะส่งผลให้เนื้อเยื่อตับมีความต้านทานสูงมาก ๆ จนสนามไฟฟ้าไม่สามารถแพร่ออกไปในเนื้อเยื่อตับได้อีก ขนาดของเซลล์มะเร็งที่ถูกทำลายจึงมีขนาดค่อนข้างเล็ก นอกจากนี้เมื่อก้อนมะเร็งมีลักษณะที่ต่างไปอย่างเช่น ในผู้ป่วยบางรายจะตรวจพบก้อนมะเร็งที่มีลักษณะก้อนยาว บางรายก้อนมะเร็งอาจมีลักษณะค่อนข้างกลม การรักษาด้วยการใช้คลื่นความถี่วิทยุไม่สามารถกำหนดรูปแบบการกระจายความร้อนในก้อนมะเร็งที่จะทำลายได้

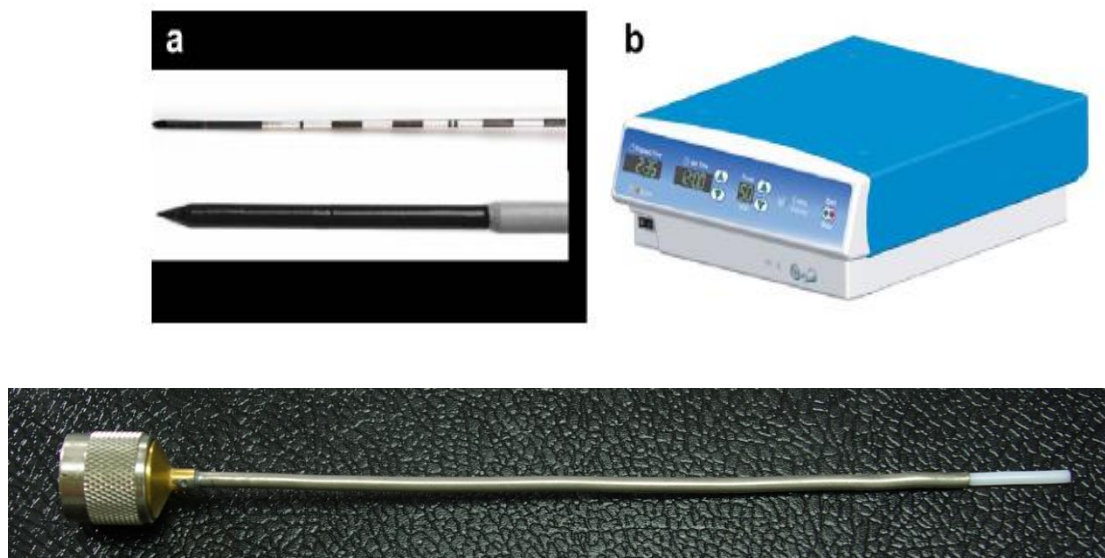
1.1.6 MCT (Microwave Coagulation Therapy) การรักษาด้วยคลื่นไมโครเวฟเป็นการแผ่รังสีความร้อนเป็นระบบการทำลายเซลล์มะเร็งรูปแบบใหม่ การทำลายเซลล์มะเร็งด้วยคลื่นไมโครเวฟนั้นทำได้โดยการส่งคลื่นไมโครเวฟผ่านสายอากาศที่แทงอยู่ในเซลล์เนื้อเยื่อที่เป็นมะเร็ง ซึ่งเมื่อส่งคลื่นไมโครเวฟผ่านสายอากาศเข้าไปจะทำให้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีการกระจายออกไปยังเนื้อเยื่อที่เป็นมะเร็งมีการดูดซับพลังงาน ซึ่งทำให้เกิดความร้อนขึ้นในเนื้อเยื่อที่เป็นมะเร็งอย่างรวดเร็ว เมื่อความร้อนที่เกิดขึ้นในเนื้อเยื่อที่เป็นมะเร็งสูง 50 องศาเซลเซียสขึ้นไป ก็จะทำให้เนื้อเยื่อที่เป็นมะเร็งนั้นตายหรือฝ่อไป [4]

จากข้อมูลดังกล่าวมาข้างต้นนั้น ทางผู้วิจัยได้มีความสนใจในการรักษาเซลล์มะเร็งด้วยคลื่นไมโครเวฟ ซึ่งการรักษาโรคมะเร็งโดยใช้ความร้อน เป็นรูปแบบการรักษาโรคมะเร็งแบบใหม่ซึ่งมีพื้นฐานและหลักการทางชีววิทยาที่สามารถ พิสูจน์ ทดลอง และสามารถอธิบายได้ การรักษาเซลล์มะเร็งด้วยความร้อนเป็นการรักษาที่ทำให้อุณหภูมิ ณ บริเวณนั้นสูงขึ้นเกิน 50 องศาเซลเซียส เซลล์เนื้อเยื่อที่อยู่บริเวณนั้นจะได้รับผลกระทบ และมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นกับอุณหภูมิ อาศัยหลักการให้ความร้อนกับเซลล์มะเร็ง อยู่ในช่วง 41-46 องศาเซลเซียส และรักษาของระดับอุณหภูมิไว้ให้คงที่ การใช้ความร้อนในการรักษาโรคมะเร็งได้มีการพัฒนาเทคนิค ที่เรียกว่า Hyper thermal Cancer Therapy ซึ่งมีการเริ่มใช้มาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1960

ซึ่งทางผู้วิจัยได้มีความสนใจในการควบคุมอุณหภูมิและกำลังในระบบการรักษา ซึ่งการออกแบบระบบการควบคุมและกำลังนั้นสามารถแสดงได้ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และในการสร้างแบบจำลองโดยใช้วิธีการทางไฟไนต์เอลิเมนต์และโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Comsol Multiphysic และ Matlab ช่วยในการวิเคราะห์แบบจำลอง ทำให้เราสามารถวิเคราะห์ ออกแบบและพัฒนาาระบบควบคุมอุณหภูมิและกำลังของระบบทำลายเซลล์มะเร็งด้วยคลื่นไมโครเวฟได้ ก่อนที่จะได้นำมาทดลองจริง เพราะการที่สามารถควบคุมอุณหภูมิและกำลังในระบบการรักษาได้นั้น ก็จะเป็นการเพิ่มความน่าเชื่อถือของระบบทำลายเซลล์มะเร็งด้วยความร้อน และสามารถใช้เป็นมาตรฐานของเครื่อง Ablation ที่มีการควบคุมแบบอัตโนมัติได้

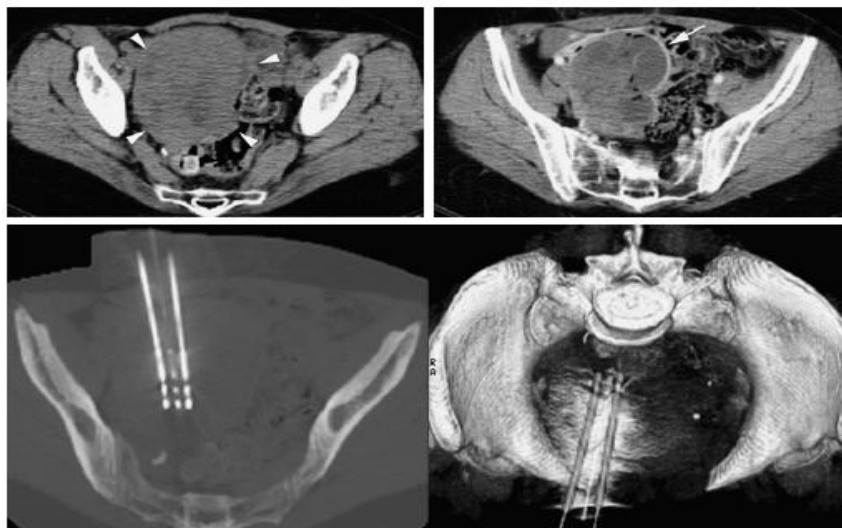
การรักษาเซลล์มะเร็งด้วยคลื่นไมโครเวฟ (Microwave Ablation) รูปแบบของการรักษาด้วยไมโครเวฟ มีวิธีการคล้ายกับในระบบ RFA เพียงแต่มีความแตกต่างกันในเรื่องของความถี่ใช้งาน และรูปแบบการใช้งาน โดยในระบบทำลายเซลล์มะเร็งด้วยไมโครเวฟ มีการใช้งานที่ ความถี่ 915 MHz และ 2.45 GHz ซึ่งเป็นความถี่ที่ถูกระบุไว้ในย่านความถี่ที่เป็น ISM Band โดยถูกกำหนดให้ใช้งานในระบบทางการแพทย์ วิทยาศาสตร์ และอุตสาหกรรม ในการใช้งานนั้นเริ่มมีความสนใจนำมาใช้เนื่องจาก ในระบบไมโครเวฟ มีการทำลายเซลล์มะเร็งที่ได้ขนาดการทำลายที่ใหญ่กว่า RFA โดยมีขนาดของการทำลายมากกว่า 3 เซนติเมตร และมีความหลากหลายโดย ได้มีการนำเสนอสายอากาศไมโครเวฟ แบบต่างๆ ที่มีรูปแบบของการแพร่กระจายคลื่นที่หลากหลายกว่าระบบ RFA

ได้มีงานวิจัยที่นำเสนอการเปรียบเทียบการทำลายเซลล์มะเร็งที่เกิดขึ้นกับอวัยวะตับ พบว่า ขนาดของการทำลายในระบบไมโครเวฟ มีขนาดที่ใหญ่กว่า และ มีอุณหภูมิที่สูงกว่าในระบบ RFA

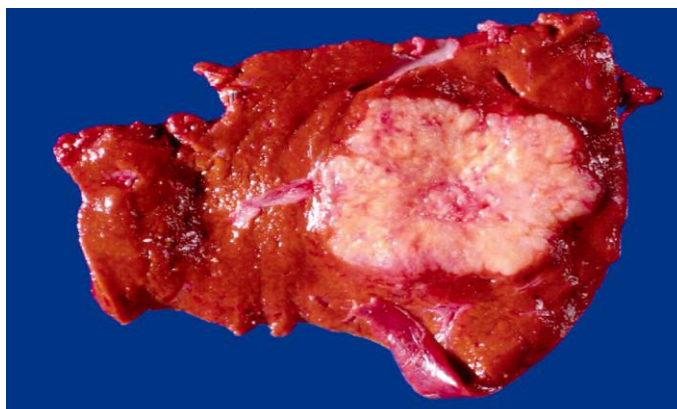


รูปที่ 1.1 สายอากาศและตัวเครื่องระบบไมโครเวฟ

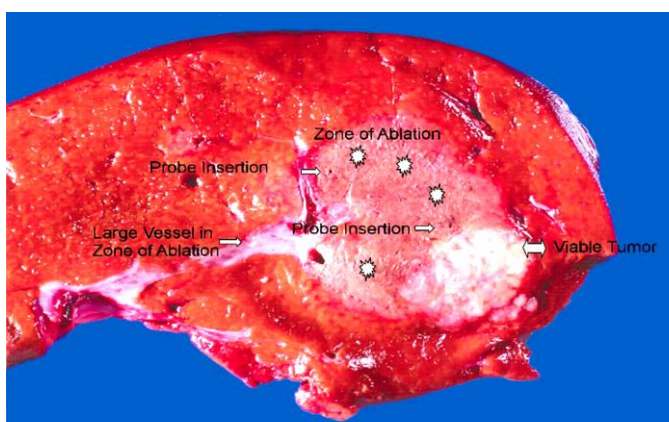
ในระบบนี้มีข้อดีเรื่องการใช้งานแตกต่างจากระบบ RFA โดยที่ ในระบบจะไม่ใช้แผ่นสายดิน คลื่นไมโครเวฟมีรูปแบบการเคลื่อนที่ในตัวกลางแตกต่างจากระบบ RFA ทำให้ลดปัญหาในการเกิด รอยไหม้ขึ้นบริเวณตำแหน่งแผ่นสายดินได้ดี



รูปที่ 1.2 ภาพการรักษาโดยการสอดสายอากาศนำคลื่นไมโครเวฟเข้าสู่ร่างกายเพื่อทำลายมะเร็ง



(ก)



(ข)

รูปที่ 1.3 (ก) ภาพจริงของมะเร็งที่เกิดขึ้นกับตับ ก่อนทำการรักษา และ (ข) ภาพหลังทำการรักษา
มะเร็งด้วยความร้อนโดยใช้คลื่นความถี่ไมโครเวฟ

ในระบบไมโครเวฟสามารถทำลายมะเร็งที่มีขนาดใหญ่ได้โดยใช้เทคนิคการทำลายโดยใช้สายอากาศหลายต้น เพื่อเพิ่มขนาดของการทำลายให้มีขนาดใหญ่ขึ้น โดยได้มีการพัฒนาทางด้านงานวิจัย ได้นำเอาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ที่มีความถูกต้องสูงมาทำการคำนวณการทำลายมะเร็งที่เกิดจากสายอากาศที่ทำการออกแบบ และ การนำเอาเทคนิคต่างๆ เข้ามาใช้ เพื่อเพิ่มขนาดของการทำลายและความหลากหลายของการทำลายมะเร็งได้

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาการกระจายความร้อนของระบบคลื่นไมโครเวฟด้วยวิธีการจำลองการทำงาน โดยใช้ระเบียบวิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์แบบ 3 มิติ เพื่อหาตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับควบคุมระบบการรักษามะเร็งตับด้วยคลื่นไมโครเวฟ

1.2.2 เพื่อนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์มาเป็นแนวทางการพัฒนาระบบควบคุมกำลังงานเพื่อรักษาอุณหภูมิในการรักษาด้วยคลื่นไมโครเวฟแบบอัตโนมัติ

1.2.3 เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบควบคุมการรักษาด้วยคลื่นไมโครเวฟ ให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

คลื่นไมโครเวฟ (Microwave) เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่งซึ่งมีอยู่แล้วในธรรมชาติ โดยดวงอาทิตย์เป็นผู้ส่งออกมา โดยไมโครเวฟมีความถี่ตั้งแต่ 300-3000 MHz คลื่นในช่วงความถี่นี้มีคุณสมบัติไปสั่นโมเลกุลของสสาร เมื่อสสารเกิดการสั่นด้วยความถี่สูงจะทำให้เกิดความร้อนขึ้น จากตัวโมเลกุลเองแล้วจึงส่งผ่านความร้อนขยายเป็นวงกว้างออกไป จึงมีประโยชน์ในการอุ่นอาหารและทำอาหารให้สุกด้วย ประโยชน์ด้านอื่นก็ยังมีอีกมาก เช่น ใช้ในการแพทย์ คือเป็นเครื่องช่วยในการทำกายภาพบำบัด จะทำให้กล้ามเนื้อของคนในส่วนที่ปวดเมื่อยได้รับความร้อนเหมือนกับการนวด

ปัจจุบันการรักษามะเร็งด้วยคลื่นไมโครเวฟเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในเทคนิคการรักษาโรคมะเร็ง โดยทางผู้วิจัยเห็นว่ามียาหลายปัจจัยในการศึกษาในเทคนิคการรักษานี้ เนื่องจากคลื่นไมโครเวฟสามารถนำไปใช้ทำให้เนื้อสัตว์หรือของเหลวเช่น น้ำ ทำให้เกิดความร้อนหรือทำให้แห้งได้ ดังนั้นเมื่อคลื่นไมโครเวฟเคลื่อนที่เข้าไปในวัสดุต่างๆ ที่ประกอบด้วยโมเลกุลที่มีความเป็นขั้ว หรือโมเลกุลที่เป็นระจุกวและลบมีการกระจายตัวไม่สม่ำเสมอ โมเลกุลเหล่านั้นจะเคลื่อนที่เนื่องจากได้รับแรงกระทำแบบสลับไปมาอย่างรวดเร็วจากสนามไฟฟ้าของคลื่นไมโครเวฟ ซึ่งความถี่ของคลื่นไมโครเวฟสำหรับกระบวนการให้ความร้อนเท่ากับ 2.45 GHz ดังนั้นสนามไฟฟ้าของคลื่นไมโครเวฟจะมีการสลับขั้ว 2,450 ล้านครั้งต่อวินาที เมื่อโมเลกุลของน้ำเป็นโมเลกุลมีขั้ว (โมเลกุล H₂O มีค่าโมเมนต์ขั้วคู่เท่ากับ 1.1×10^{-29} C.m) ที่มีจำนวนมากที่สุด อยู่ภายใต้อิทธิพลของสนามไฟฟ้าของคลื่นไมโครเวฟ มันจะพยายามหมุนตามการสลับขั้วของสนามไฟฟ้า ทำให้เกิดการชนกันระหว่างโมเลกุล ซึ่งจะทำให้เกิดความร้อนขึ้นอย่างรวดเร็ว กระบวนการที่ทำให้เกิดความร้อนขึ้นภายในวัสดุเมื่อได้รับคลื่นไมโครเวฟ เรียกว่า Dielectric Heating และความร้อนที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์หรือคุณสมบัติทางไดอิเล็กตริกของผลิตภัณฑ์นั้นๆ วัสดุที่เป็นฉนวนที่มีค่าการนำไฟฟ้าต่ำจะยอมให้คลื่นไมโครเวฟทะลุผ่าน เช่น แก้ว อากาศ โพลีโพรพิลีน อลูมินาเซรามิกส์ เป็นต้น ส่วนวัสดุที่มีค่าการนำความร้อนสูง เช่น โลหะ จะสะท้อนคลื่นไมโครเวฟ คลื่นไม่สามารถทะลุผ่านไปได้ สำหรับวัสดุไดอิเล็กตริกหรือวัสดุกึ่งฉนวนที่มีขั้วทางไฟฟ้า (Dipole) เช่น น้ำ กระจก คาร์บอน เรซินและไม้ จะสามารถดูดกลืนคลื่นไมโครเวฟและเปลี่ยนเป็นความร้อน ลักษณะการเกิดความร้อนจะเกิดจากแรงเสียดสีระหว่างการจัดเรียงตัวใหม่ของโมเลกุลน้ำเมื่อดูดกลืนคลื่นส่งผลให้เกิดความร้อนขึ้นภายในทั่วทั้งเนื้อวัสดุ (Volumetric Heating) ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงสนใจถึงการควบคุมการนำคลื่นไมโครเวฟไปใช้ในการรักษา ต้องมีการควบคุมไม่ทำให้เนื้อเยื่อที่ดีได้รับความเสียหาย โดยเริ่มต้นจากการศึกษาการกระจายตัวของคลื่นโดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ในการวิเคราะห์แบบ 3 มิติ เพื่อที่จะสามารถมองเห็นรูปแบบการกระจายความร้อนที่เกิดขึ้นบริเวณเนื้อเยื่อได้ชัดเจนยิ่งขึ้น เพื่อหาจุดที่เหมาะสมที่สุดในการวัดอุณหภูมิของเสาอากาศกับเนื้อเยื่อ จากนั้นจึงนำมาทดสอบจริงกับเนื้อหมู แล้วเปรียบเทียบผลการทดลองกับผลการ Simulation ซึ่งจะนำไปสู่แนวทางการพัฒนาระบบควบคุมกำลังงานเพื่อรักษา

อุณหภูมิในการรักษาด้วยคลื่นไมโครเวฟแบบอัตโนมัติ และเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบควบคุมการรักษาด้วยคลื่นไมโครเวฟ ให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น

1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

การใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method) หรือ FEM ซึ่งเป็นวิธีการคำนวณเชิงตัวเลขชนิดหนึ่งสำหรับแก้สมการเชิงอนุพันธ์ในการแก้ปัญหา การวิเคราะห์ด้านความร้อน ใช้สมการความร้อนทางชีววิทยา เพื่อศึกษาลักษณะการกระจายตัวของความร้อนหรืออุณหภูมิ และปฏิกิริยาของคลื่นไมโครเวฟกับเนื้อเยื่อที่เกิดขึ้นกับแบบจำลองที่สร้างขึ้น และศึกษาดูการทำลายเนื้อเยื่อในรูปแบบ 3 มิติ รวมทั้งศึกษาผลกระทบที่มีต่อเนื้อเยื่อที่ดี

1.5 ขอบเขตการวิจัย

1.5.1 การใช้ระเบียบวิธีการทางไฟไนต์เอลิเมนต์เพื่อศึกษาการจำลองและวิเคราะห์

1.5.2 ศึกษาการกระจายความร้อนภายในเนื้อเยื่อ เมื่อส่งคลื่นไมโครเวฟความถี่ 2.45 GHz ผ่านสายอากาศโคแอกเซียล

1.5.3 สร้างอุปกรณ์เครื่องมือที่รองรับงานวิจัยด้านวิศวกรรมชีวการแพทย์ เพื่อเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการใช้ในการทดลอง

1.5.4 ทดลองกับเนื้อเยื่อ เพื่อวิเคราะห์ผลการจำลองด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์