บทที่ 4 วิเคราะห์ผลการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงการวิเคราะห์ผลการทดลองของการวัดปริมาณฮีโมโกลบินในเลือด และวิเคราะห์ผลการอ่านซ้ำของเครื่องวัดฮีโมโกลบินโดยใช้เส้นใยแก้วนำแสงต้นแบบ ซึ่งผลที่ได้จะถูกนำมาเปรียบเทียบและวิเคราะห์ในเชิงสถิติ ในบทนี้จะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ในส่วนแรกคือ วิเคราะห์ผลการวัดปริมาณฮีโมโกลบิน ซึ่งจะกล่าวถึงวิเคราะห์ผลการสอบเทียบค่าการดูดกลืน และวิเคราะห์ผลความสามารถในการอ่านซ้ำของการสอบเทียบค่าการดูดกลืน และในส่วนที่สองคือ วิเคราะห์ผลการทดลองหลังการปรับปรุงค่าการสูญเสียแสงจากการคัปปลิง จะกล่าวถึงวิเคราะห์ผลการทดลองหลังจากการปรับปรุงการคัปปลิงแสง และวิเคราะห์ความสามารถในการอ่านซ้ำหลังจากการปรับปรุงการคัปปลิงแสง

4.1 วิเคราะห์ผลการวัดปริมาณฮีโมโกลบิน

แสงอ้างอิงเป็นสิ่งจำเป็นการตรวจค่าความถูกต้องของเครื่องมือ โดยแหล่งจ่ายแสงที่ใช้งานเป็นแสงสีเขียวมีความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร จากผลการทดสอบแหล่งจ่ายแสงที่ใช้งานตามรูปที่ 3.7 พบว่าแหล่งจ่ายแสงนั้นจะจ่ายแสงได้ไม่คงที่ และมีอาการแกว่งขึ้นลงตลอดเวลา แต่ว่าเครื่องมือต้นแบบในงานวิจัยนี้คำนึงถึงปัญหาดังกล่าวจึงได้ถูกออกแบบให้สามารถอ่านค่าความเข้มของแสงอ้างอิงได้ตลอดเวลาในขณะทำการตรวจวัด โดยจะทำการวัดค่าความเข้มของแสงอินพุต ค่าความเข้มแสงที่สะท้อน และค่าความเข้มแสงส่งผ่าน โดยใช้สมการ $A = 1 - R - T$ ในการคำนวณผลการทดลอง และจะนำผลการทดลองมาวิเคราะห์ตามหลักสถิติเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างเครื่อง Sysmex XE-2100 กับ เครื่องวัดปริมาณฮีโมโกลบินโดยใช้เส้นใยแก้วนำแสงที่ออกแบบ เพื่อสร้างค่าความความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องมือทั้งสอง โดยได้ทดลองทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงฟังก์ชันระหว่างข้อมูลด้วยสมการเส้นตรง สมการพาราโบลา และสมการเอกซ์โพเนนเชียล พบว่าสมการเส้นตรงให้ค่าสัมประสิทธิสหสัมพันธ์ดีที่สุด ซึ่งให้ผลที่สอดคล้องกับค่าปริมาณฮีโมโกลบินที่วัดได้ ดังนั้นจึงได้เลือกใช้สมการเส้นตรงในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูล

4.1.1 วิเคราะห์ผลการสอบเทียบค่าการดูดกลืน

ผลจากการสอบเทียบค่าการดูดกลืน จะถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อใช้ทดสอบการทำงานของเครื่องต้นแบบในการวัดค่าความเข้มข้นของฮีโมโกลบิน ซึ่งได้ออกแบบตามรูปที่ 3.1 โดยใช้ตัวอย่างของเลือดมนุษย์ที่ทราบค่า และมีค่าฮีโมโกลบินต่างกันจำนวน 45 ตัวอย่าง โดยจะใช้ปริมาณเลือดตัวอย่าง 0.1 มิลลิลิตร ค่าของปริมาณฮีโมโกลบินในเลือดตัวอย่างที่ใช้ในการสอบเทียบเครื่องต้นแบบนั้น ได้มา

จากเครื่องมือมาตรฐานยี่ห้อ Sysmex รุ่น XE-2100 ค่าที่ได้จึงเป็นค่าที่มีมาตรฐานสูง จากตารางที่ 3.1 เมื่อพิจารณาผลจากข้อมูลค่าการดูดกลืนที่คำนวณได้ของเครื่องต้นแบบเปรียบเทียบกับค่าปริมาณฮีโมโกลบินที่วัดได้จากเครื่องมือมาตรฐาน พบว่ามีความสัมพันธ์กันกล่าวคือการดูดกลืนของแสงที่คำนวณได้จะเป็นสัดส่วนกับค่าความเข้มข้นของฮีโมโกลบิน ถ้าฮีโมโกลบินมีความเข้มข้นมาก ค่าการดูดกลืนของแสงที่คำนวณได้จะมีค่ามาก ถ้าฮีโมโกลบินมีค่าความเข้มข้นน้อยค่าการดูดกลืนของแสงจะมีค่าน้อย ซึ่งจะแปรผันตามสัดส่วนความเข้มข้นของปริมาณฮีโมโกลบิน ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องต้นแบบและเครื่องมือมาตรฐานถูกแสดงในรูปที่ 3.8 พบว่ามีการกระจายตัวของข้อมูลนั้นเป็นเชิงเส้นกันแต่อาจมีค่าข้อมูลของฮีโมโกลบินบางค่าที่มีการกระจายออกจากแนวเส้น ซึ่งอาจแบ่งสาเหตุที่เกิดเป็นสองกรณีคือ ค่าการดูดกลืนเพิ่มขึ้นเนื่องจากเกิดการแยกชั้นของเลือดและแข็งตัวของเลือดเมื่อทิ้งไว้เป็นเวลานาน ค่าฮีโมโกลบินในกรณีนี้จะเปลี่ยนแปลงในแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น และอีกกรณีคือ ค่าการดูดกลืนที่ได้ลดลงเนื่องจากในขณะที่ใส่เลือดลงในหลอดทดลองบางครั้งอาจมีฟองอากาศขนาดเล็กเกิดขึ้น ค่าการดูดกลืนที่ได้มีแนวโน้มลดลง ซึ่งการออกแบบการทดลองที่ใช้ตัวอย่างเลือดเพียง 0.1 มิลลิลิตร อาจเป็นปัจจัยหนึ่งทำให้เกิดความผิดพลาดได้บ้าง เพราะจุดประสงค์ของการออกแบบต้องการให้เป็นเครื่องมือขนาดเล็กสามารถพกพาได้ จึงจำเป็นต้องใช้ตัวอย่างเลือดที่น้อยในการตรวจสอบเพื่อสะดวกในการตรวจวัด สมการเส้นตรงจะถูกใช้เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างสองตัวแปรตามเหตุผลที่ได้กล่าวข้างต้น ในการเปรียบเทียบข้อมูลตามหลักการทางสถิติ ได้ทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลทั้งสองระหว่างค่าที่วัดได้จากเครื่องมือมาตรฐาน และค่าที่วัดได้จากเครื่องต้นแบบ พบว่ามีค่าสัมประสิทธิสหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.9053 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 1.6857 ซึ่งจากค่าทางสถิติที่ได้พบว่าค่าสัมประสิทธิสหสัมพันธ์นั้นมีค่าใกล้เคียง 1 ซึ่งหมายความว่าผลการวัดปริมาณฮีโมโกลบินจากเครื่องทั้งสองมีความสัมพันธ์กันไปในทิศทางเดียวกัน และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานใกล้เคียง 0 แสดงว่าข้อมูลส่วนใหญ่นั่นจะอยู่ใกล้ค่าเฉลี่ย โดยได้สมการทำนายผลตามสมการที่ (3.5)

4.1.2 วิเคราะห์ผลความสามารถในการอ่านซ้ำของการสอบเทียบค่าการดูดกลืน

ความสามารถในการอ่านค่าซ้ำ (Repeatability) ของเครื่องต้นแบบจากรูปที่ 3.9 จะทำการทดสอบโดยการวัดตัวอย่างเลือดที่มีค่าความเข้มข้นของฮีโมโกลบินที่ 11.7 กรัมต่อเดซิลิตร จำนวน 10 ตัวอย่าง ผลการทดลองนี้ได้ค่าเฉลี่ย 11.48 กรัมต่อเดซิลิตร ซึ่งพบว่ามีความใกล้เคียงกับความเข้มข้นของฮีโมโกลบินที่ใช้ทดสอบที่ได้จากเครื่องมือมาตรฐาน และมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนร้อยละ 2.27 แสดงให้เห็นว่าเครื่องวัดปริมาณฮีโมโกลบินด้วยเส้นใยแก้วนำแสงนั้นมีความน่าเชื่อถือถูกต้องแม่นยำเพราะมีค่าความแปรปรวนเพียงร้อยละ 2.27 เท่านั้น

4.2 วิเคราะห์ผลหลังการปรับปรุงค่าการสูญเสียแสงจากการคัปปลิง

การที่ได้ทำการทดลองในตอนแรกนั้น เพื่อใช้ในการสอบเทียบค่าการดูดกลืนแสงของเครื่องต้นแบบกับเครื่องมาตรฐาน และทดสอบการเครื่องต้นแบบในการวัดค่าความเข้มข้นของฮีโมโกลบินในโลหิตของมนุษย์ เพื่อให้ได้เครื่องมือที่ที่มีความสอดคล้องกับการวัดค่าของฮีโมโกลบิน ในการทดลองนี้ได้มีการปรับปรุงค่าการสูญเสียแสงจากการคัปปลิง โดยสามารถลดค่าการสูญเสียทางแสงจากการทดลองแรกที่มีค่าการสูญเสีย 8.97 เดซิเบล เหลือเพียง 2.56 เดซิเบล และยังได้ทำการทดลองซ้ำ โดยใช้สมการ $A=1-R-T$ และใช้สมการเส้นตรงในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลเหมือนกับการทดลองตอนแรก โดยจะทำการเปรียบเทียบค่าทางสถิติที่ได้ระหว่างการทดลองทั้งสอง เพื่อหาความสอดคล้องกันของข้อมูล

4.2.1 วิเคราะห์ผลหลังจากการปรับปรุงการคัปปลิงแสง

ผลจากการปรับปรุงการคัปปลิงแสง จะถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อใช้ในการทดลองซ้ำและยืนยันผลของเครื่องต้นแบบในการวัดค่าความเข้มข้นของฮีโมโกลบินซึ่ง ได้ออกแบบตามรูปที่ 3.10 ตัวอย่างของเลือดมนุษย์ที่ทราบค่า และมีค่าฮีโมโกลบินต่างกันจำนวน 50 ตัวอย่าง โดยจะใช้ปริมาณเลือดตัวอย่าง 0.1 มิลลิลิตร ค่าของปริมาณฮีโมโกลบินในเลือดตัวอย่างที่ใช้ในการสอบเทียบเครื่องต้นแบบนั้นได้มาจากเครื่องมือมาตรฐานยี่ห้อ Sysmex รุ่น XE-2100 ค่าที่ได้จึงเป็นค่าที่มีมาตรฐานสูง เมื่อพิจารณาผลจากข้อมูลค่าการดูดกลืนที่คำนวณได้ของเครื่องต้นแบบเปรียบเทียบกับค่าปริมาณฮีโมโกลบินที่วัดได้จากเครื่องมือมาตรฐาน พบว่ามีความเป็นเชิงเส้นสัมพันธ์กันดังแสดงในรูปที่ 3.11 การเปรียบเทียบข้อมูลตามหลักการทางสถิติ ได้ทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลทั้งสอง พบว่ามีค่าสัมประสิทธิสหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.921 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 2.031 ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าสัมประสิทธิสหสัมพันธ์ นั้นมีค่าใกล้เคียง 1 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานใกล้เคียง 0 แสดงว่าข้อมูลส่วนใหญ่นั่นจะอยู่ใกล้ค่าเฉลี่ย โดยได้สมการทำนายผลตามสมการที่ 3.6

การเปรียบเทียบผลของการสอบเทียบค่าการดูดกลืน และผลของการปรับปรุงการคัปปลิงแสงซึ่งได้มีการปรับปรุงเครื่องมือเพื่อให้ความเข้มของแสงนั้นเพิ่มขึ้นพบว่าค่าทางสถิติที่ได้ในการปรับปรุงการคัปปลิงแสง มีค่าสัมประสิทธิสหสัมพันธ์ที่เพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 2 ซึ่งหมายความว่าการปรับปรุงเครื่องมือนั้นให้ผลที่ดีขึ้น โดยผลการวัดปริมาณฮีโมโกลบินจากการทดลองทั้งสองมีความสัมพันธ์กันไปในทิศทางเดียวกัน ในการยืนยันผลจะพิจารณาจากสมการความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องต้นแบบและเครื่องมือมาตรฐานที่ได้จากการสอบเทียบค่าการดูดกลืน เปรียบเทียบกับการปรับปรุงการคัปปลิงแสงเพราะนอกจากจากสมการความสัมพันธ์จะบ่งบอกถึงระดับความสัมพันธ์

ระหว่างเครื่องมือทั้งสองชนิดแล้ว สมการความสัมพันธ์ยังเป็นตัวบ่งชี้ถึงความสอดคล้องกันของข้อมูลจากการสอบเทียบค่าการดูดกลืน และการปรับปรุงการคัปปลิงแสงอีกด้วย เพราะสมการที่ได้นั้นประกอบขึ้นมาจากสมการเส้นตรง ที่มีจุดตัดแกน และมีค่าความชัน เมื่อทำการเปรียบเทียบสมการความสัมพันธ์ของการสอบเทียบค่าการดูดกลืน ตามสมการที่ (3.5) และการปรับปรุงการคัปปลิงแสงตามสมการที่ (3.7) จะพบว่าสมการทั้งสองนั้นมีความใกล้เคียงกันมาก ทั้งค่าความชันที่ได้และจุดตัดแกน แสดงให้เห็นว่าการสอบเทียบค่าการดูดกลืน และการปรับปรุงการคัปปลิงแสง มีความสอดคล้องกันของข้อมูลซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกัน

4.2.2 วิเคราะห์ผลความสามารถในการอ่านซ้ำหลังจากการปรับปรุงการคัปปลิงแสง

ความสามารถในการอ่านค่าซ้ำ ของเครื่องต้นแบบเครื่องต้นแบบแสดงในรูปที่ 3.12 จะทำการทดสอบโดยการวัดตัวอย่างเลือดที่มีค่าความเข้มข้นของฮีโมโกลบินที่ 12.6 กรัมต่อเดซิลิตร จำนวน 12 ตัวอย่าง ซึ่งได้มีการปรับปรุงเครื่องมือเพื่อให้ความเข้มของแสงนั้นเพิ่มขึ้น ผลการทดลองนี้พบว่ามีค่าเฉลี่ย 12.58 กรัมต่อเดซิลิตร ซึ่งมีความใกล้เคียงกับค่าความเข้มข้นของฮีโมโกลบินที่นำมาใช้ในการทดสอบ ที่ถูกวัดจากเครื่องมือมาตรฐาน และมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน ร้อยละ 2.11 เมื่อนำค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนไปพิจารณาร่วมกับการสอบเทียบค่าการดูดกลืน จากรูปที่ 3.9 พบว่าค่าความแปรปรวนนั้นลดลงถึงร้อยละ1.6 แสดงว่าเครื่องต้นแบบที่มีการปรับปรุงขึ้นนั้นมีความเสถียรในการอ่านข้อมูลมากขึ้น