บทที่ 6

สรุปและข้อเสนอแนะ

การศึกษาผลของคุณสมบัติทางรีโอโลยีของอาหารที่มีต่อสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อลิ้นและคอของอาสาสมัครขณะกลืนโดยการใช้อิเล็กโตรดชนิดปิดผิวหนัง ได้ทำการศึกษาแยกย่อยเป็น 2 ขั้นตอนใหญ่ คือ การศึกษาคุณสมบัติทางรีโอโลยีของอาหารและการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติทางรีโอโลยีของอาหารกับสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อลิ้นและคอ ซึ่งสามารถสรุปได้เป็นข้อ ๆ ดังนี้

6.1 คุณสมบัติทางรีโอโลยีของอาหาร

การศึกษาคุณสมบัติทางรีโอโลยีของอาหารพบว่าความหนืดเป็นตัวแปรหลักที่มีผลต่อการกลืนในมนุษย์ จึงศึกษาความหนืดและตัวแปรต่าง ๆ ได้แก่ ความหนาแน่น สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสถิตย์ และความสามารถในการไหล เพื่อให้เข้าใจและสามารถอธิบายคุณสมบัติทางรีโอโลยีของอาหารแต่ละชนิดได้ดีขึ้น ซึ่งในการศึกษาคุณสมบัติทางรีโอโลยีของอาหารสามารถแบ่งได้เป็น 2 ขั้นตอน คือ

6.1.1 การศึกษาอาหารตั้งต้น เป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญ นั้นคือเป็นขั้นตอนที่เก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งเป็นพฤติกรรมของอาหารตั้งต้นแต่ละชนิด เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการเตรียมอาหารผสม โดยในขั้นตอนนี้เริ่มต้นด้วยการการศึกษา น้ำลาย แป้งแบเรียม และน้ำ ซึ่งสารทั้ง 3 ชนิด เป็นสารที่มีความเกี่ยวพันกับการกลืนอาหารของคนปกติและผู้ป่วยกลืนลำบาก รวมทั้งเลือกอาหารตั้งต้นที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงมาใช้ในการศึกษา ได้แก่ ข้าวปั่น ไข่ตุ๋น เต้าหู้ น้ำมัน เจลาติน น้ำสลัด เจลลี่ โยเกิร์ต กล้วยหอมปั่น ข้าวโอ๊ต สาหร่ายผมนาง แครอท เต้าฮวย ซอสแอปเปิล กล้วยเกอเบอร์ วุ้น และน้ำผึ้ง โดยพบว่าอาหารตั้งต้นส่วนใหญ่มีคุณสมบัติเป็นของไหลนอนนิวโตเนียน ซึ่งมีชนิดและคุณสมบัติแตกต่างกันไปตามตารางที่ 4.2 ยกเว้นน้ำและเจลาตินที่ อุณหภูมิ 37 ^{o}C ที่มีคุณสมบัติเป็นของไหลนิวโตเนียน แต่ค่าความหนาแน่น สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสถิตย์ และความสามารถในการไหลของอาหารตั้งต้นจะมีค่าที่แตกต่างกันมีความเป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวของอาหารชนิดนั้น ๆ

6.1.2 การเตรียมอาหารผสม เนื่องจากความหนืดเป็นตัวแปรหลักที่มีผลต่อการกลืนในมนุษย์ ในขั้นตอนนี้จึงใช้ความหนืดเป็นเกณฑ์ในการเตรียมอาหาร ซึ่งจากผลการเตรียมอาหารได้อาหารผสมที่ถูกต้องตามหลักโภชนาการและมีความหนืดหลากหลายจำนวน 8 ชนิด โดยแบ่งเป็นอาหารคาว 4 ชนิด ได้แก่ ซุปข้าวโพด ซุปบะหมี่หยก โจ๊กปั่น และนมถั่วเหลือง อาหารหวาน 4 ชนิด ได้แก่ ชาเขียว เผือกปั่น ฟักทองปั่น และแยมสตรอเบอรี่ โดยอาหารแต่ละชนิดจะมี 3 สูตร ซึ่งแต่ละ

สูตรจะมีความหนืดที่แตกต่างกัน โดยสูตรที่ 1 จะมีความหนืดน้อยที่สุด สูตรที่ 2 และสูตรที่ 3 จะมีความหนืดเพิ่มขึ้นตามลำดับที่อัตราเฉือนเดียวกัน ซึ่งอาหารผสมทั้ง 8 ชนิด มีคุณสมบัติเป็นของไหลนอนนิวโตเนียน ชนิด ซูโดพลาสติกและพลาสติกแตกต่างกันไปตามชนิดอาหารดังตารางที่ 4.4 แต่ค่าความหนาแน่น สัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน และความสามารถในการไหลของอาหารแต่ละชนิด ไม่มีแนวโน้มเพิ่มหรือลดตามความหนืดของ ยกเว้นข้าวโพด โจ๊กปั่นและชาเขียวที่มีสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานเพิ่มขึ้นและความสามารถในการไหลจะลดลงเมื่อความหนืดเพิ่มขึ้น ซุปบะหมี่หยกมีสัมประสิทธิ์ความเสียดทานลดลงเมื่อความหนืดเพิ่มขึ้น นมถั่วเหลืองมีความสามารถในการไหลลดลงเมื่อความหนืดเพิ่มขึ้น และเผือกปั่นมีความสามารถในการไหลลดลงเมื่อความหนืดเพิ่มขึ้น ดังตารางที่ 4.5

6.2 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติทางรีโอโลยีของอาหารกับสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อลิ้นและคอ

การศึกษาและสร้างความสัมพันธ์ของคุณสมบัติทางรีโอโลยีของอาหารกับสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อลิ้นและคอ ได้ใช้หลักการและซอฟแวร์ทางสถิติมาช่วยในการวิเคราะห์ โดยได้ให้ค่า ln(Re) เป็นตัวแทนของคุณสมบัติทางรีโอโลยี และค่า ln(EMG) เป็นตัวแทนของสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อลิ้นและคอ ซึ่งค่า ln(EMG) และ ln(Re) เป็นค่าที่ได้จากการหาค่าล็อกธรรมชาติของ EMG และ Re ตามลำดับ เพื่อปรับค่าของ EMG และ Re ให้มีการแจกแจงแบบปกติจึงสามารถวิเคราะห์และสร้างความสัมพันธ์ในทางสถิติได้ โดยค่า EMG และ Re สามารถหาได้จากสมการที่ 3.7 และสมการ 3.14 ตามลำดับ ซึ่งผลการศึกษาและสร้างความสัมพันธ์สามารถสรุปได้เป็นข้อ ๆ ดังนี้

6.2.1 ค่า ln(Re) และ ln(EMG) มีความสัมพันธ์กันเป็นเชิงเส้นตรงในเชิงลบ นั้นคือเมื่อค่า ln(Re) มีค่าเพิ่มขึ้น ค่า ln(EMG) ก็จะมีค่าลดลง ซึ่งสามารถอธิบายกายภาพการกลืนได้ว่า เมื่ออาสาสมัครกลืนอาหารคาวแต่ละชนิดแต่ละสูตร ค่าความหนาแน่นของอาหารจะค่าคงที่ แต่ความหนืดของอาหารจะขึ้นกับความเร็วในการกลืนของอาสาสมัคร ถ้าอาสาสมัครกลืนอาหารด้วยความเร็วน้อย ค่าความหนืดก็จะสูงตามพฤติกรรมของของไหลนอนนิวโตเนียนดังรูปที่ 3.8 เมื่อค่าความหนืดสูงก็จะทำให้ ln(Re) มีค่าน้อยลงดังสมการ 3.14 และเมื่อค่า ln(Re) มีค่าน้อยลง ค่า ln(EMG) ก็มีค่าเพิ่มขึ้นดังรูปที่ 5.3-5.14 จึงสามารถสรุปว่าความเร็วของอาหารเป็นตัวแปรหนึ่งที่มีผลต่อการกลืนในมนุษย์

6.2.2 ค่าความหนืดเป็นคุณสมบัติทางรีโอโลยีของอาหารที่มีผลต่อการกลืนในมนุษย์ ซึ่งสามารถอธิบายกายภาพการกลืนได้ว่า เมื่ออาสาสมัครกลืนอาหารชนิดเดียวกันแต่เป็นสูตรที่มีความหนืดเพิ่มขึ้น ค่าเฉลี่ย ln(Re) จะมีค่าลดลง และค่าเฉลี่ย ln(EMG) จะมีค่าเพิ่มขึ้น ดังตารางที่ 5.5 นั้น

ก็หมายความว่าเมื่อความหนืดเพิ่มขึ้น กล้ามเนื้อลิ้นและคอต้องออกแรงในการกลืนเพิ่มขึ้นค่า ln(EMG) จึงมีค่าเพิ่มขึ้น

6.2.3 ความสามารถในการกลืนของมนุษย์มีความแตกต่างกัน นั้นคือเมื่ออาสาสมัครกลืนกลืนอาหารชนิดเดียวกันที่มีความหนืดเพิ่มขึ้น ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Square) ก็มีแนวโน้มลดลง นั้นก็หมายความว่าค่า ln(EMG) มีความแปรปรวนมากขึ้น เมื่อความหนืดเพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถอธิบายด้วยกายภาพการกลืนว่า เมื่อความหนืดของอาหารเพิ่มขึ้น มนุษย์ก็เอาชนะความหนืดของอาหารด้วยการออกแรงในการกลืนมากขึ้น แต่เมื่ออาหารมีความหนืดมากความสามารถในการกลืนของมนุษย์ที่แตกต่างกันไปก็จะแสดงให้เห็น

6.2.4 เพศ เป็นตัวแปรที่ส่งผลต่อการกลืนในมนุษย์ นั้นคือ ค่าเฉลี่ย ln(Re) ของเพศชายมีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ย ln(Re) ของเพศหญิง และค่าเฉลี่ย ln(*EMG*) ของเพศชายจะมีค่ามากกว่าค่าเฉลี่ย ln(*EMG*) ของเพศหญิง ทุกชนิดอาหารดังตารางที่ 5.8 ซึ่งสามารถอธิบายด้วยกายภาพการกลืนว่า อาสาสมัครเพศชายกลืนอาหารด้วยความเร็วเฉลี่ยที่ช้ากว่าอาสาสมัครเพศหญิงที่อาหารชนิดเดียวกัน ส่งผลให้ความหนืดของอาหารในอาสาสมัครเพศชายมากกว่าค่าความหนืดของอาหารในอาสาสมัครเพศหญิง จึงทำให้ค่า ln(Re) ของเพศชายมีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ย ln(Re) ของเพศหญิง และเมื่อค่าความหนืดของอาหารในอาสาสมัครเพศชายมากกว่าค่าความหนืดของอาหารในอาสาสมัครเพศหญิงที่อาหารชนิดเดียวกัน จึงทำให้อาสาสมัครเพศชายออกแรงในการกลืนมากกว่าอาสาสมัครเพศหญิงที่อาหารชนิดเดียวกัน

6.2.5 อายุ เป็นตัวแปรที่ส่งผลต่อการกลืนในมนุษย์ จากการตรวจสอบด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว โดยใช้อายุเป็นตัวแปร พบว่าส่วนใหญ่ค่า ln(Re) และค่า ln(*EMG*) ของอาสาสมัครทั้ง 5 กลุ่มต่างกัน อย่างน้อย 2 กลุ่มอายุ ในอาหารแต่ละชนิด ยกเว้น ค่า ln(Re) และค่า ln(*EMG*) ของซุปข้าวโพด สูตร 1 และซุปบะหมี่หยก สูตร 3 และค่า ln(*EMG*) ของซุปข้าวโพด สูตร 3 โจ๊กปั่น สูตร 2 โจ๊กปั่นสูตร 3 และนมถั่วเหลืองสูตร 3 ซึ่งสามารถอธิบายด้วยกายภาพการกลืนว่า ที่อาหารความหนืดน้อยมาก อาสาสมัครทุกกลุ่มอายุสามารถกลืนได้ง่าย จึงไม่เห็นความแตกต่างที่เกิดจากอายุ และเมื่อกลืนอาหารที่มีความหนืดเพิ่มมากขึ้น ก็จะเห็นความแตกต่างที่เกิดจากอายุ นั้นคือ ค่า ln(Re) และค่า ln(*EMG*) ของอาสาสมัครทั้ง 5 กลุ่มจะต่างกันอย่างน้อย 2 กลุ่มอายุ แต่เมื่อกลืนอาหารที่มีความหนืดสูงมาก ความแปรปรวนของข้อมูลก็จะเพิ่มมากขึ้น จึงไม่เห็นความแตกต่างที่เกิดจากอายุ

6.3 ข้อเสนอแนะ

การศึกษาผลของคุณสมบัติทางรีโอโลยีของอาหารที่มีต่อสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อลิ้นและคอของอาสาสมัครขณะกลืนโดยการใช้ขั้วไฟฟ้าชนิดปิดผิวหนัง มีข้อเสนอแนะและควรปรับปรุงดังนี้

6.3.1 ในขั้นตอนการเตรียมอาหารผสม ควรมีการเตรียมอาหารผสมให้มากและความหลากหลาย เพื่อต่อไปอาจพัฒนาเป็นสูตรอาหารสำหรับผู้ป่วยกลืนลำบากและผู้ป่วยที่กลืนลำบากสามารถเลือกอาหารให้ตรงกับความสามารถในการกลืนได้ ซึ่งในงานวิจัยชิ้นได้เสนอแนวทางในการผสมอาหารและการศึกษาคุณสมบัติทางรีโอโลยีของอาหาร

6.3.2 เมื่อได้วิเคราะห์และทราบความสัมพันธ์ พบว่าแต่ละความสัมพันธ์มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจที่ไม่สูงมากนัก สาเหตุอาจจะมาจากขั้วไฟฟ้าชนิดปิดผิวหนังที่เป็นแบบเก่าที่เมื่อทดลองและกลืนไปนาน ๆ จะทำให้ขั้วไฟฟ้าปิดไม่สนิทได้ ซึ่งถ้าผู้ใดมีความสนใจ ก็สามารถเลือกใช้ขั้วไฟฟ้าชนิดปิดผิวหนังแบบใหม่ที่สามารถปิดได้ง่ายขึ้นและไม่เคลื่อนเมื่อปิดไปนาน ๆ