

บทที่ 4

สรุปรายงานการวิจัย

ผลงานวิจัยเรื่อง “การจำลองพฤติกรรมการไหลของแป้งในเอกซ์ทรูเดอร์ด้วยโปรแกรมคำนวณทางพลศาสตร์ของไหล” เป็นการประยุกต์ใช้โปรแกรมคำนวณทางพลศาสตร์ของไหล (Fluent[®]) เพื่อศึกษาพฤติกรรมการไหลของแป้งโคในเครื่องเอกซ์ทรูชัน โดยใช้ผลการจำลองการไหลชนิดสามมิติในการสร้างความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ระหว่างกลุ่มค่าตัวแปรควบคุมกระบวนการผลิตของเครื่องเอกซ์ทรูชันที่มีผลต่อพฤติกรรมการไหลของแป้งโคซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการใช้ประมาณค่าที่เหมาะสมสำหรับแต่ละค่าตัวแปรหลักที่มีผลต่อกระบวนการผลิต ขอบเขตงานวิจัยกำหนดไว้ที่การศึกษากระบวนการไหลของแป้งโคข้าวเจ้าในเครื่องเอกซ์ทรูชันแบบสกรูเดี่ยวที่มีรูปทรงต่างกันสามแบบ โดยการจำลองครอบคลุมอิทธิพลของตัวแปรหลัก ได้แก่ ความชื้นของแป้งโคดิบ อุณหภูมิแปรรูป ความเร็วรอบหมุนสกรู และมิติของแบบสกรูในเรื่องค่าอัตราส่วนเส้นผ่านศูนย์กลางสกรูต่อความลึกของช่องทางการไหล ผลที่ได้จากการศึกษาวิจัยสรุปได้ดังหัวข้อต่อไปนี้

1. โปรแกรมคำนวณทางพลศาสตร์ของไหล (Fluent[®]) สามารถประยุกต์ใช้เพื่อจำลองพฤติกรรมการไหลของแป้งโคในเครื่องเอกซ์ทรูชัน โดยกรรมวิธีที่ใช้ในการสร้าง mesh elements และกรรมวิธีที่กำหนดใช้ในการจำลองการไหลชนิดสามมิติผ่านการตรวจสอบยืนยันความถูกต้องว่ามีค่าความเร็ว และอัตราการไหลของผลิตภัณฑ์ใกล้เคียงกันกับสมการผลเฉลยเชิงวิเคราะห์ของ Li and Hsieh และให้ผลสอดคล้องกันกับผลการทดลองของ Choo ทั้งนี้ผลการทดลองแปรรูปแป้งโคข้าวเจ้าด้วยเครื่องเอกซ์ทรูชันที่ทำในงานวิจัยนี้ยังแสดงให้เห็นถึงขีดจำกัดของการประยุกต์ใช้ผลการจำลองอยู่เพียงการวิเคราะห์พฤติกรรมการไหลของวัสดุในสภาพแบบไม่อัดตัวเท่านั้น หรือยังไม่ครอบคลุมถึงกระบวนการแปรรูปของแป้งโคดิบเป็นแป้งโคสุกซึ่งมีสภาพอัดตัวได้อันเนื่องมาจากกลไกการทำงานของการชนด่าวัสดุของสกรู แม้กระนั้นก็ตามผลการจำลองยังคงให้ความถูกต้องสูงในกรณีที่ใช้ศึกษาพฤติกรรมการไหลบนสมมติฐานว่าวัสดุที่แปรรูปมีอยู่เต็มช่องทางการไหลหรือไม่เกิดการอัดตัวได้ซึ่งสอดคล้องกันกับความนิยมใช้เป็นข้อกำหนดเบื้องต้นของคณะนักวิจัยจำนวนมากในบทความตีพิมพ์ว่าด้วยเรื่องการจำลองกระบวนการแปรรูปแป้งโคหรือวัตถุดิบอาหารในเครื่องเอกซ์ทรูชัน

2. งานวิจัยนี้นำเสนอกรรมวิธีวิเคราะห์และแบบสมการวิทยากระแสของแป้งโคข้าวเจ้า ความชื้นในช่วง 47-60% ซึ่งจัดว่าเป็นแบบสมการโครงสร้างที่สำคัญที่สุดที่ต้องทราบเพื่อประกอบการประยุกต์ใช้ในการจำลองพฤติกรรมการไหลของแป้งโค ผลวิจัยแสดงให้เห็นว่าความหนืดปรากฏของแป้งโคข้าวเจ้าจัดอยู่ในกลุ่มวัสดุชนิด pseudoplastic โดยมีค่าแปรผกผันกับความชื้น

ของแป้งโดดิบและมีค่าเปลี่ยนแปลงตามค่าอุณหภูมิแปรรูปในรูปฟังก์ชันเอกซ์โปเนนซ์ของอัตราส่วนอุณหภูมิอ้างอิงต่ออุณหภูมิไม่ทราบค่า กรรมวิธีการวิเคราะห์หาแบบสมการวิทยากระแสที่ประยุกต์ใช้ในงานวิจัยนี้ให้ค่าความหนืดปรากฏค่าสุดได้ถูกต้อง ขณะที่ให้ค่าประมาณการของค่าความหนืดปรากฏสูงสุด

3. ผลการจำลองการไหลชนิดสามมิติของแป้งโดข้าวเจ้าในเครื่องเอกซ์ทรูชันภายใต้สภาวะการแปรรูปแบบอุณหภูมิคงตัว และการไหลแบบไม่อัดตัว พบว่าพฤติกรรมการไหลมีความสัมพันธ์กับกลุ่มค่าตัวแปรควบคุมกระบวนการผลิตของเครื่องเอกซ์ทรูชันที่ศึกษา ได้แก่ ความชื้นของวัตถุดิบ ค่าความร้อนในรูปของอุณหภูมิที่ใช้แปรรูปแป้งโด ความเร็วรอบหมุนของเพลาสกรู และตัวแปรด้านรูปทรงทางเรขาคณิตของแบบสกรู (ค่าอัตราส่วนเส้นผ่านศูนย์กลางสกรูต่อความลึกของช่องทางการไหล) ในรูปของความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ดังต่อไปนี้

- สำหรับแป้งโดข้าวเจ้าที่มีความชื้นตั้งต้นเท่ากัน พบว่าค่าความดันของแป้งโดข้าวเจ้าภายในหัวตายใกล้ทางออกเปลี่ยนแปลงขึ้นกับความเร็วยรอบหมุนและอุณหภูมิแปรรูปในรูปของสมการผิวแบบพาราโบลา

- ลักษณะการเปลี่ยนแปลงค่าความดันของแป้งโดข้าวเจ้าภายในหัวตายใกล้ทางออกของแต่ละความเร็วยรอบหมุนสกรูสามารถอธิบายได้ด้วยสมการพื้นผิวของค่าอุณหภูมิแปรรูปและความชื้นตั้งต้นเช่นเดียวกัน โดยมีค่าแปรผกผันกับความชื้นและอุณหภูมิ

- ผลการจำลองหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของผลิตภัณฑ์และความดันภายในหัวตายบริเวณใกล้ทางออกยังถูกใช้เป็นดัชนีบ่งชี้ความคล้ายคลึงกันของคุณภาพตัวผลิตภัณฑ์ได้เฉพาะในเงื่อนไขว่าแป้งโดอัดตัวอยู่เต็มช่องทางการไหล หรือพิจารณาได้ว่าเป็นค่าอัตราการผลิตสูงสุดหากสามารถป้อนแป้งโดดิบด้วยอัตราไหลเดียวกันนี้ และเพื่อความสะดวกในการนำไปใช้งานสมการพื้นผิวแบบพาราโบลาที่แสดงถึงค่าความเร็วยรอบหมุนและอุณหภูมิแปรรูปที่มีผลต่ออัตราการไหลของผลิตภัณฑ์ได้ให้มาด้วยในที่นี้ ทั้งนี้การประยุกต์ใช้ผลการจำลองอัตราไหลของผลิตภัณฑ์ที่ได้นี้ในกระบวนการผลิตจำเป็นต้องทราบความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของผลิตภัณฑ์กับค่าแรงหรือความดันที่สัมพันธ์กับการอัดตัวได้ของแป้งโด (compaction factor) และการนำผลการจำลองนี้ไปใช้กับแบบสกรูเดียวกันที่มีมิติใหญ่ขึ้นจำเป็นต้องทราบค่า scaling factor