

อิทธิพลขององศาเกลียวต่อการกำลัการผลิตของเครื่องคั้นกะทิแบบเกลียว

Influence of Helix Angle on the Production Rate of the Coconut Milk Screw Pressing Machine

ปิยชนา สุโกศล¹ และ เกียรติศักดิ์ รุ่งพระแสง^{1*}

¹ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขที่ 1 ซอยฉลองกรุง แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

*ติดต่อ: kiattisak.ro@kmitl.ac.th, โทรศัพท์: 0 2329 8356

บทคัดย่อ

การคั้นแบบเกลียวอัด (Screw press) เป็นที่นิยมในอุตสาหกรรมกะทิในประเทศไทย ในการทำงานของเครื่องจักรมีชุดเกลียวอัดซึ่งมีมิติขนาดคงที่ในการสร้างความดัน (Pressure, P) การคั้นในสภาวะการทำงานของเครื่องจักรในโรงงานพบว่าความเร็วรอบเกลียวอัด (Rotational speed, N) คงที่ และมีการปรับความกว้างรูเปิด (Die opening, l_{Die}) เพื่อให้สามารถทำงานได้อย่างเหมาะสม งานวิจัยนี้จึงศึกษาอิทธิพลของการออกแบบองศาเกลียว (Helix angle, θ) ที่ค่าองศาต่างๆ ที่ความเร็วรอบและความกว้างรูเปิดคงที่เพื่อหาช่วงขนาดที่เหมาะสมต่อการกำลัการผลิต (Production rate, Q) ของโรงงาน จากการทดลองกับเครื่องจักรในโรงงานซึ่งมีกำลัการผลิต $2,663.3 \text{ m}^3/\text{h}$ ที่มีองศาเกลียวในแนวแกนเพิ่มขึ้นจาก 83° ถึง 85° ความเร็วรอบ 200 rpm เมื่อนำค่าจากเครื่องจักรมาคำนวณด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์พบว่าได้ผลการคำนวณในทิศทางเดียวกัน จึงทำการปรับค่าองศาเกลียวในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ พบว่า ช่วงองศาเกลียวในแนวแกน 70° ถึง 85° ให้กำลัการผลิตที่สูงและลดลงเมื่อองศาเกลียวเพิ่มขึ้น โดยมีค่ามากที่สุดที่ 70° ได้กำลัการผลิต $2,831.2 \text{ m}^3/\text{h}$ เพิ่มขึ้น 16.11% เปรียบเทียบกับเครื่องจักรในโรงงาน จากผลดังกล่าวพบว่าสามารถกำหนดองศาเกลียวเพื่อให้ได้กำลัการผลิตที่ต้องการ โรงงานสามารถใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ออกแบบเครื่องจักรเพื่อให้ได้กำลัการผลิตที่เหมาะสม และในกรณีที่ต้ององศาเกลียวคงที่พบว่าสามารถหาค่ากำลัการผลิตที่ความเร็วรอบต่างกันได้เช่นกัน

คำหลัก: เครื่องคั้นแบบเกลียว; องศาเกลียว; กำลัการผลิต; กะทิ

Abstract

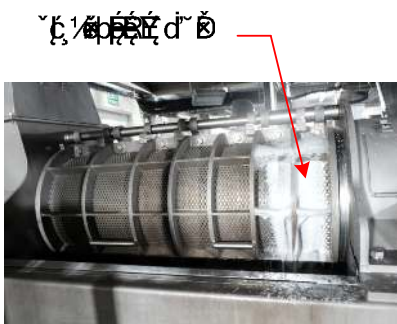
Screw pressing is the popular method using in the coconut milk manufacturing in Thailand. Refer to the practical of machinery, a compression screw having constant dimension create pressure (P) for the pressing process. As operating conditions of machine in the factory, the rotational speed (N) is kept constant while the die opening (l_{Die}) is adjustable in order to find an appropriate values for the proper function. Therefore, this research studies the influence of the design of variance helix angle (θ) at the constant rotational speed and die opening to find the suitable range for the factories' production rate (Q). Results from calculations used parameters from the experiment on the practical machine with production rate of $2,663.3 \text{ m}^3/\text{h}$, helix angle increase from 83° to 85° and rotation speed

of 200 rpm are congruent with the practical machine. Thus, helix angle is varied and results show that helix angle range from 70 to 85° produce higher production rate and decrease with the increase of helix angle. At helix angle of 70°, the production rate is maximum at 2,831.2 m³/h, increasing 16.11%. As previous report, helix angle can be set to provide the desirable production rate and the factories can modify the machine to match their capacity. Moreover, in the case of constant helix angle, the production rate can also be calculated at variance rotational speed.

Keywords: screw press, helix angle, production rate, coconut milk

1. บทนำ

ปัญหาของเครื่องคั้นกะทิจากการตรวจสอบในโรงงานอุตสาหกรรมพบว่าช่วงที่เกิดการคั้นกะทิมีเพียงช่วงปลายเกลียวอัด (รูปที่ 1) และเมื่อมีการปรับความกว้างรูเปิดที่เล็กเกินไป (3 mm) เพื่อให้สามารถคั้นได้มากขึ้นจะส่งผลให้เกิดการไหม้ ปัญหาดังกล่าวมาจากการออกแบบที่ไม่เหมาะสมต่อสภาวะการทำงานส่งผลให้ประสิทธิภาพของเครื่องจักรลดลง เพื่อหาแนวทางในการแก้ไขปัญหานี้จึงได้ศึกษาารูปแบบของเกลียวอัดและแนวทางในการคำนวณเพื่อออกแบบเกลียวอัดให้เหมาะสมกับสภาวะการทำงาน



รูปที่ 1 แสดงพื้นที่ที่เกิดการคั้นกะทิของเครื่องจักร

การออกแบบเกลียวอัดสำหรับการคั้นกะทิมาจากการดัดแปลงเกลียวอัดจากการคั้นน้ำผลไม้ เช่น สับปะรด [1] เกลียวอัดที่ใช้ในการศึกษามีความถี่ของเกลียวลดลงตามความยาวเกลียวอัด องศาเกลียวและเส้นผ่านศูนย์กลางเกลียวจะมีค่าเพิ่มขึ้นจนคงที่ในส่วนปลายของเกลียวอัด ระยะห่างระหว่างครีบกเกลียวและบาเรลมี

ค่าคงที่ตลอดความยาวเกลียวอัด (รูปที่ 2) เมื่อป้อนวัตถุดิบเข้าสู่เครื่องคั้น เกลียวอัดจะลำเลียงและบีบอัดทำให้เกิดความดันซึ่งทำลายเซลล์ของวัตถุดิบทำให้เกิดการคั้นทางกล



รูปที่ 2 แสดงเกลียวอัดของเครื่องคั้นกะทิ

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับกะทิและการออกแบบเกลียวอัดพบว่า Vadke และคณะ [2] ได้สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการสกัดน้ำมันของเครื่องสกัดน้ำมันแบบเกลียวโดยการจำลองอัตราการไหลของน้ำมันและความดันที่เพิ่มขึ้น โดยอ้างอิงจากการไหลในแนวแกนของของไหลแบบนอนนิวโตเนียน (Non-Newtonian fluid) ภายในเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์ (Extruder) พบว่า ความยาวของเกลียวอัด (Length of shaft) ที่เพิ่มมากขึ้นส่งผลให้เครื่องจักรสามารถสกัดน้ำมัน (Recovery oil) จากวัตถุดิบได้มากขึ้น ในขณะที่ความกว้างรูเปิดที่ลดลงส่งผลให้สามารถสกัดน้ำมันออกจากเมล็ดพืชน้ำมันได้มากขึ้น ต่อมา Singh และ Bargale [3] ได้นำงานวิจัยของ Vadke และคณะ [2] มาใช้ในการพัฒนาเครื่องสกัดน้ำมันแบบเกลียวสองชั้นตอนขนาดเล็ก

พบว่าประสิทธิภาพของเครื่องสกัดน้ำมันเพิ่มขึ้นเนื่องจากน้ำมันที่สกัดกลับ เพิ่มขึ้นเปรียบเทียบกับเครื่องสกัดทั่วไป จากตัวอย่างเมล็ดผักกาดก้านขาว (*Brassica campestris* L.) โดยน้ำมันที่สกัดกลับเพิ่มขึ้นจาก 73-80% เป็น 90.2% แต่ขนาดและกำลังการผลิตของเครื่องจักรมีข้อจำกัดเนื่องจากความยาวเกลียวที่มากขึ้นทำให้เกิดการติดขัดในการทำงาน

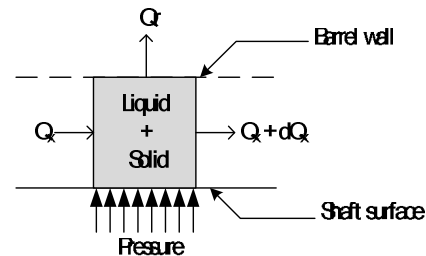
ในปี ค.ศ. 2006 Tansakul และ Chiewchan [4] ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติทางความร้อนของกะทิซึ่งสามารถนำมาใช้ในการออกแบบร่วมกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ Vadke และคณะ [2] เพื่อให้เกิดความแม่นยำมากยิ่งขึ้นเมื่อมีการพิจารณาเรื่องอุณหภูมิเป็นตัวแปรในการออกแบบ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลขององศาเกลียวในแนวแกนต่อการผลิตของเครื่องคั้นกะทิแบบเกลียวเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบเกลียวอัตโนมัติที่เหมาะสมต่อไป

2. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

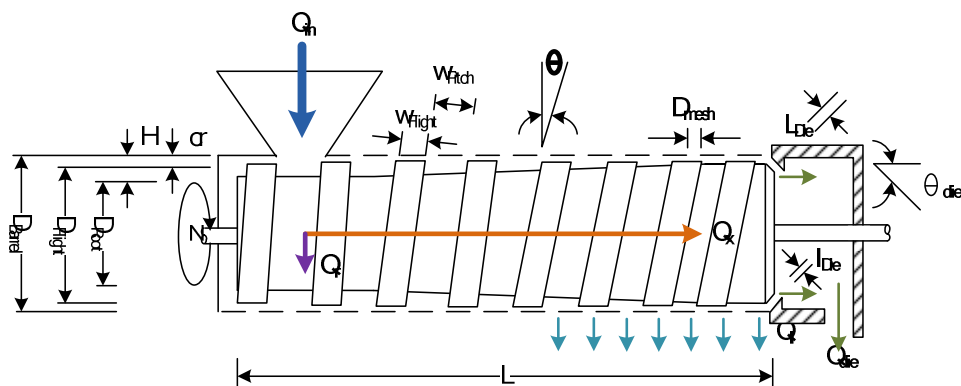
แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการคำนวณ แบ่งเป็น 2 ส่วนได้แก่แบบจำลองคุณสมบัติของวัตถุดิบ อธิบายผลจากการดำเนินการของกระบวนการ เช่น ความ

หนืดของของผสมภายในเกลียวอัด และแบบจำลองการทำงานของเครื่องจักรซึ่งเกี่ยวข้องกับตัวแปรกำหนดขนาดของเครื่องจักรโดยเฉพาะ



รูปที่ 3 การไหลของวัตถุดิบผ่านส่วนเล็ก ๆ ของช่องว่างระหว่างเกลียวอัดและผนังบาร์เรล (ดัดแปลงจาก Vadke, V. S., Sosulski, F.W. and Shook, C.A., 1988)

เมื่อของไหลไหลในแนวแกน (Q_x) จะถูกความดันในแนวรัศมีซึ่งเป็นผลของการบีบอัดของเกลียวอัดจากลดปริมาตรร่องเกลียวทำให้เซลล์เกิดความเสียหาย และเกิดการไหลในแนวรัศมี (Q_r) ของของเหลวผ่านของผสมและไหลออกจากรูตะแกรงของบาร์เรล การไหลในแนวรัศมีส่งผลให้ของผสมมีปริมาตรเท่ากับ $Q_x + dQ_x$ เมื่อออกจากเกลียวอัดตำแหน่งนั้นๆ โดย dQ_x มีค่าเป็นลบเนื่องจากของเหลวไหลออกจากของผสมในแนวรัศมี (รูปที่ 3)



รูปที่ 4 แสดงโครงสร้างอย่างง่ายของเครื่องคั้นกะทิแบบเกลียว

โครงสร้างอย่างง่ายของเครื่องคั้นกะทิต้นแบบในงานวิจัยแสดงในรูปที่ 4 เมื่อเนื้อมะพร้าวชุดฝอยและน้ำ

ไหลเข้าสู่เครื่องจักรด้วยอัตรา Q_{in} จะถูกลำเลียงตามความยาวเกลียว (L) ซึ่งมีความกว้างครีบกเกลียว (W_{Flight})

เส้นผ่านศูนย์กลางของบาร์เรล (D_{Barrel}) เส้นผ่านศูนย์กลางครีบกะเทียว (D_{Flight}) ช่องว่างระหว่างบาร์เรลและครีบกะเทียว (Cr) ด้วยความเร็วรอบ N ของผสมจะไหลในสองทิศทางคือ แนวแกน (Q_x) และแนวรัศมี (Q_r) ของผสมจะถูกบีบอัดจากปริมาตรช่องเกลียวที่ลดลงเนื่องจากความลึกช่องเกลียว (H) เส้นผ่านศูนย์กลางฐานเกลียว (D_{Root}) และความกว้างช่องเกลียว (W_{Pitch}) ลดลงทำให้เกิดความดันขึ้นซึ่งทำให้เกิดการคั่นทางกลได้กะทิไหลผ่านรูตะแกรงของบาร์เรล (D_{mesh}) ที่บริเวณส่วนปลายของเกลียวอัด (Q_l) และจากการคั่นจะถูกปล่อยออกที่รูเปิดที่ปลายเกลียวอัด (Q_{die}) โดยไหลผ่านช่องเปิดเป็นระยะทาง L_{Die} ความกว้าง l_{Die} และองศาช่องเปิด θ_{die} ในการออกแบบเกลียวอัด

การคำนวณของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มีสมมติฐานดังต่อไปนี้

ก) เนื้อมะพร้าวชุดฝอยและน้ำมีการผสมเป็นเนื้อเดียวกันอย่างสมบูรณ์ในเกลียวส่วนป้อน (Feed section) และเกิดการอัดในส่วนต่อไป ของผสมภายในเกลียวอัดจะมีพฤติกรรมเป็นของไหลแบบนอนนิวโตเนียน (Non-newtonian fluid)

ข) การบีบอัดในส่วนเกลียวป้อนน้อยมากเมื่อเทียบกับเกลียวส่วนอื่นจึงไม่เกิดความดันขึ้นในส่วนนี้ ความดันจะเพิ่มขึ้นเมื่อเข้าสู่ส่วนต่อจากเกลียวป้อน

ค) อุณหภูมิในการคั่นคั่งที่ในส่วนที่เกิดความดันขึ้นในความเป็นจริงจะเกิดความร้อนจากการบีบอัดตามความยาวของเกลียวเนื่องจากแรงเฉือน แต่บาร์เรลสามารถนำความร้อนได้ดีส่งผลให้อุณหภูมิสม่ำเสมอ

2.1 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการจำลองการทำงานของเครื่องจักร

เมื่อของผสมไหลเข้าสู่ช่องว่างระหว่างเกลียวอัดและบาร์เรลจะเกิดแรงดันในแนวรัศมีส่งผลให้กะทิไหลออกจากผนังบาร์เรลดังแสดงในรูปที่ 3 สามารถทำสมดุลมวลได้ดังสมการที่ 1

$$-dQ_x \rho_c = Q_r \rho_l \quad (1)$$

จากการงานวิจัยของ Simuang และคณะ [5] พบว่ากะทิมีพฤติกรรมเป็นของไหลแบบนอนนิวโตเนียนแบบ Pseudoplastic ที่อุณหภูมิ 70 °C และปริมาณไขมัน 30% มีค่า Consistency constant (K_c) เท่ากับ $4.38 \times 10^{-2} \text{ Pa.s}^n$ และค่า flow behaviour index (n) เท่ากับ 0.739

แบบจำลองการทำงานของเครื่องจักรเป็นการจำลองอัตราการไหลและของความดันภายในเครื่องจักร สมการคำนวณอัตราการไหลของของไหลนอนนิวโตเนียนในแนวแกนแสดงในสมการที่ 2 f_d คือ Shape factor for drag flow คำนวณได้จากสมการที่ 3 f_{ps} คือ Shape factor for pressure flow คำนวณได้จากสมการที่ 4 และ f_{pd} คือ Correction factor for average viscosity in pressure flow มีค่าเท่ากับสมการที่ 5

$$Q_x = \pi D_{\text{Barrel}} W_{\text{Pitch}} (H - Cr) N \cos \theta (f_d/2) - \frac{(H^3 W_{\text{Pitch}} f_{pd} f_{ps})}{(12n \mu_c) dP/dX} \quad (2)$$

$$f_{pd} = 1 - (0.487n^2 - 0.948n + 0.972)(H/W) \quad (3)$$

$$f_{ps} = 1 - (0.949n^2 - 1.87n + 1.59)(H/W) \quad (4)$$

$$f_{pd} = 0.98 \quad (5)$$

อัตราการไหลในแนวรัศมีสามารถเขียนได้ในรูปของสมการการกรอง (Filtration equation) เนื่องจากบาร์เรลเป็นลักษณะของรูตะแกรง แสดงในสมการที่ 6

$$Q_r = \pi D_{\text{Barrel}} dX u_r = \pi D_{\text{Barrel}} dX P / (\alpha_s \mu_l m_s) \quad (6)$$

เมื่อ u_r คือความเร็วของอัตราการไหลของกะทิที่ผนังบาร์เรล α_s คือ Specific filtration resistance และ m_s คือมวลของของแข็งในช่องเกลียวต่อหน่วยพื้นที่ของบาร์เรล เมื่อแทนค่าสมการที่ 6 ในสมการที่ 1 และจัดรูปจะได้สมการแสดงอัตราการไหลในแนวแกนต่อความยาวตามเกลียวอัดที่เพิ่มขึ้น แสดงในสมการที่ 7

$$dQ_x/dX = (\pi D_{\text{Barrel}} P / (\alpha_s \mu_l (m_s))) (\rho_l / \rho_s) \quad (7)$$

สมการที่ 2 และ 7 ใช้ประมาณค่ากำลังการผลิตและอัตราการคั่นจากการเพิ่มขึ้นของความดัน สำหรับความดันสุดท้ายที่บริเวณหน้ารูเปิดคำนวณได้จากสมการที่ 8

$$P = K_c K_d (Q_{die})^n \quad (8)$$

สมการที่ 9 คำนวณปริมาณน้ำมัน (F) ในของผสมที่ตำแหน่ง x ของเกลียวอัดในแนวแกน เมื่อ F_0 คือปริมาณน้ำมันเริ่มต้น สำหรับเนื้อมะพร้าวหูดมีค่าเท่ากับ 0.3349 [5] Q_0 คืออัตราการไหลที่ตำแหน่งเริ่มต้น ρ_{c0} คือความหนาแน่นของของผสมที่ตำแหน่งเริ่มต้น Q_x คือ อัตราการไหลที่ตำแหน่ง x และ ρ_{cx} คือความหนาแน่นของของผสมที่ตำแหน่ง x

$$F = 1 - (1-F_0)(Q_0 \rho_{c0} / Q_x \rho_{cx}) \quad (9)$$

2.2. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการจำลองการทำงานของเครื่องจักร

แบบจำลองการประมาณค่าคุณสมบัติได้แก่ ความหนาแน่นของของผสม (สมการที่ 10) ความหนืดของของผสม (สมการที่ 11) Specific filtration resistance (สมการที่ 12) มวลของของแข็งในช่องเกลียวต่อหน่วยพื้นที่ของบารเรล (สมการที่ 14) [2] และ ความหนาแน่นของกะทิ (สมการที่ 16) [4] โดยใช้ค่าความดัน (P) และ ปริมาณไขมัน (F) จากการคำนวณของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการจำลองการทำงานของเครื่องจักร

สมการในการคำนวณความหนาแน่นของของผสมซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณไขมันที่เหลือยู่ในของผสม เมื่อ γ คือ อัตราการเฉือนของของผสมในช่องเกลียว มีค่าเท่ากับ $(\pi D_{Barrel} N \cos \theta) / H$ และ T คืออุณหภูมิของกะทิ

$$\rho_c = (1.451 - 0.703F) \times 10^3 \quad (10)$$

$$\mu_c = K \gamma^{n-1} = 2.49 \times 10^6 \times (\gamma)^{0.8702} e^{-18.39F} e^{1476/(T+273)} \quad (11)$$

สมการคำนวณหา Specific filtration resistance ที่ความดันต่างๆซึ่งส่งผลต่ออัตราการไหลในแนวแกนของของผสม

$$\alpha_s = 4.3 \times 10^9 + 0.8 \times 10^3 P \quad (12)$$

ในระหว่างการคั้นกะทิต้องเอาชนะแรงต้านสองชนิดคือแรงต้านจากผนังเซลล์และแรงต้านจากอนุภาคของแข็ง ค่าแรงต้านที่มีประสิทธิภาพ (Effective specific filtration resistance, α_{eff}) แสดงในสมการที่ 13 เมื่อ f_{per} คือ permeability factor ซึ่งสัมพันธ์กับแรงต้านจากผนังเซลล์

$$\alpha_{eff} = \alpha_s + f_{per} \quad (13)$$

$$m_s = \rho_s H_c (1 - \varepsilon) = \rho_s (H + 0.003) / (1 + e) \quad (14)$$

เมื่อ ε คือค่าความพรุน (Porosity) และ e คือ อัตราส่วนเชิงปริมาตรของน้ำมันและของแข็ง คำนวณได้จากสมการที่ 15

$$e = (F / (1 - F)) (\rho_s / \rho_l) \quad (15)$$

$$\rho_l = 1018 - 31.7F - 9.465T \quad (16)$$

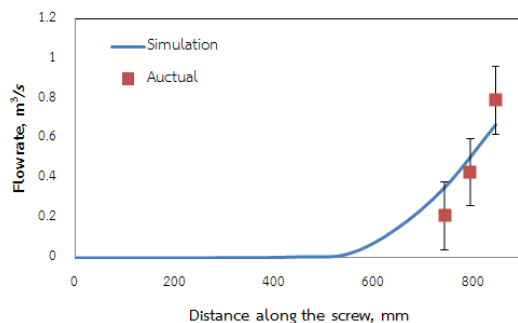
การคำนวณโดยใช้โปรแกรม MATLAB r2017a (License Number: 40511985) ลำดับการคำนวณของแบบจำลองแสดงในรูปที่ 5 การคำนวณเริ่มจากการสมมติค่าอัตราการไหล (Q) และกำหนดให้ค่าความดัน (P) เริ่มต้นเท่ากับศูนย์ ในการจำลอง ณ ตำแหน่ง X เริ่มต้น

ณ ตำแหน่งเริ่มต้นคำนวณค่า f_{pd} จากสมการ f_3 และ f_{ps} จากสมการ f_4 นำค่าปริมาณไขมันเริ่มต้นแทนในสมการที่ f_{11} f_{14} f_{15} และ f_{16} เพื่อหาค่าคุณสมบัติที่ใช้ในการคำนวณที่ตำแหน่งเริ่มต้น แทนค่าในสมการที่ f_2 ร่วมกับค่าที่จากการสมมติ ได้ความดันซึ่งนำมาใช้ในการคำนวณสมการที่ f_{12} และ f_{13} เพื่อหาค่าความดันในสมการที่ f_7 นำค่าความดันและอัตราการไหลแทนกลับในลำดับข้างต้นจนได้ค่าคงที่แล้วจึงเริ่มคำนวณในตำแหน่ง X ต่อไปโดยนำค่าจากตำแหน่งก่อนหน้ามาคำนวณในลำดับเดียวกันจนกระทั่งถึงตำแหน่งสุดท้ายจึงนำค่าอัตราการไหลจากการคำนวณจากสมการที่ f_2 และ f_7 เปรียบเทียบกับสมการที่ f_8 เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง

$$H=6.29 \times 10^{-7} x^3 - 7.81 \times 10^{-4} x^2 + 0.14x + 71.91 \quad (20)$$

ตารางที่ 1 แสดงค่าตัวแปรในการคำนวณ

ตัวแปร	ค่าจากการวัด
Cr (mm)	3.3
L (mm)	1310
D _{Barrel} (mm)	395
D _{Flight} (mm)	391.7
L _{Die} (mm)	30
l _{Die} (mm)	5
N (rps)	3.33



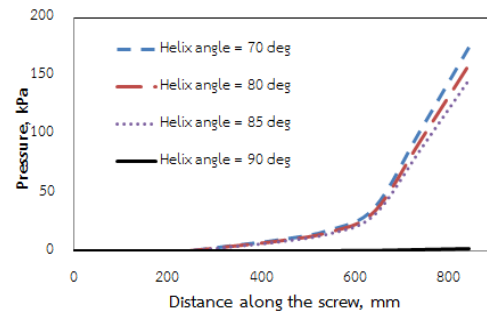
รูปที่ 8 การเปรียบเทียบการคำนวณอัตราการไหลจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับผลการทดลองการวัดอัตราการไหลของเครื่องจักรต้นแบบ

การเปรียบเทียบผลการคำนวณอัตราการไหลจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และผลการทดลองจากเครื่องจักรต้นแบบในโรงงาน (รูปที่ 8) พบว่ามีค่าไปในทิศทางเดียวกันโดยมีค่าความคลาดเคลื่อน 15.62% ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Root Mean Square Error: RMSE) เท่ากับ 0.1137

4. การประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

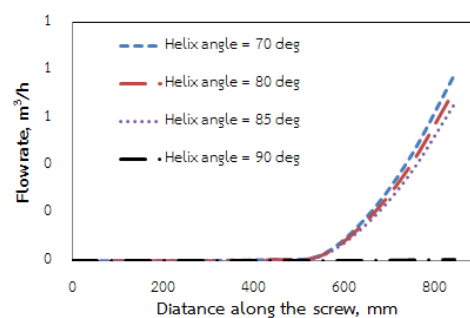
จากการคำนวณของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เปรียบเทียบกับผลจากการวัดในรูปที่ 8 แสดงแนวโน้มในทิศทางเดียวกัน แบบจำลองดังกล่าวสามารถนำมาใช้ประมาณค่าความดัน อัตราการไหล และคุณสมบัติของ

กะทิตามความยาวเกลียวอัดในแนวแกน ผลจากการคำนวณของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่อิงค่าเกลียวอัดในแนวแกน (θ) ต่างๆ แสดงในรูปที่ 9 และรูปที่ 10



รูปที่ 9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวเกลียวอัดและความดันที่อิงค่าเกลียวต่างๆ

ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวเกลียวอัดและความดันที่อิงค่าเกลียวในแนวแกน (θ) 70 80 85 และ 90 องศาแสดงในรูปที่ 9 ความดันเพิ่มขึ้นตามความยาวเกลียวอัด และเพิ่มขึ้นมากในช่วงปลายซึ่งเกิดการคั่งขึ้นเมื่อองศาเกลียวเพิ่มขึ้นความดันจะลดลงเนื่องจากพื้นที่การอัดที่สร้างความดันลดลง และที่อิงค่าเกลียวเท่ากับ 90 องศาพบว่าความดันที่เกลียวอัดสร้างได้มีค่าน้อยมาก



รูปที่ 10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวเกลียวอัดและอัตราการไหลที่อิงค่าเกลียวต่างๆ

ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวเกลียวอัดและอัตราการไหลที่อิงค่าเกลียวในแนวแกน (θ) 70 80 85 และ 90 องศา แสดงในรูปที่ 10 เมื่อองศาเกลียวเพิ่มขึ้นอัตราการไหลลดลงเนื่องจากเกลียวอัดสร้างความดันได้น้อยลง



อัตราการไหลมากที่ช่วงปลายเกลียวเนื่องจากความดันมีค่าสูงในช่วงดังกล่าว

5. บทสรุป

จากการศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการจำลองการทำงานของเครื่องคั้นแบบเกลียวซึ่งเป็นการคำนวณความดันที่เพิ่มขึ้นตามความยาวเกลียวอัดในแนวแกน อัตราการไหลของวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ และปริมาณไขมันในวัตถุดิบที่เปลี่ยนแปลงตามความยาวเกลียวอัดในแนวแกน และการจำลองคุณสมบัติของวัตถุดิบ ได้แก่ ความหนาแน่นของของผสม ความหนืดของของผสม ความหนาแน่นกะทิ ความหนืดของกะทิ ค่า Specific filtration resistance และมวลของของแข็งต่อหน่วยพื้นที่การกรอง พบว่าตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ร่วมกันซึ่งใช้ในการรวมแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้แก่ ความดันที่เพิ่มขึ้น อัตราการไหลในแนวแกน และปริมาณไขมันในวัตถุดิบ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากการศึกษาสามารถนำไปใช้ในการแสดงแนวโน้มของการทำงานของเครื่องจักรที่ท้องเกลียวแตกต่างกัน เมื่อองศาเกลียวเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้ความดันที่เกลียวอัดสามารถสร้างได้ลดน้อยลง เมื่อองศาเกลียวอัดมีค่าเท่ากับ 90 องศาจะสามารถสร้างความดันได้น้อยมากจนถือว่าไม่มีความดันเกิดขึ้น ความดันที่สร้างได้ส่งผลต่อแรงบีบอัดซึ่งเป็นผลให้เกิดอัตราการไหลขึ้นซึ่งอัตราการไหลมีแนวโน้มเช่นเดียวกับความดัน

ผลจากแนวโน้มดังกล่าวสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบเครื่องคั้นแบบเกลียว และหาสภาวะที่เหมาะสมในการทำงานของเครื่องจักรสำหรับกระบวนการคั้นกะทิต่อไปได้

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณผู้ประกอบการสนับสนุนทุนวิจัย โครงการ บริษัทเอเชียติคอุตสาหกรรมเกษตร จำกัด

สำหรับการสนับสนุนเครื่องจักรต้นแบบ และวัตถุดิบในกระบวนการผลิต

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Brown International Corporation, LLC. (2009). Single Flight Screw Finisher Model 2503.
- [2] Vadke, V. S., Sosulski, F.W. and Shook, C.A. (1988). Mathematical Simulation of an Oilseed Press, *Journal of the American Oil Chemist's Society*, vol. 65(10), October 1988, pp. 1610-1616.
- [3] Singh, J. and Bargale, P.C. (2000). Development of a small capacity double stage compression screw press for oil expression, *Journal of Oilseeds Research*, vol. 7(2), February 2000, pp. 41-50.
- [4] Tansakul, A. and Chiewchan, N. (2006). Thermophysical properties of coconut milk, *Journal of Food Engineering*, vol. 73(3), April 2006, pp. 276-280.
- [5] Simuang, J., Chiewchan, N. and Tansakul, A. (2004). Effect of fat content and temperature on the apparent viscosity of coconut milk, *Journal of Food Engineering*, vol. 64(2), September 2004, pp. 193-197.
- [6] United States Department of Agriculture (USDA). (2016). *National Nutrient Database for Standard Reference Release 28: Basic Report 12104, Nuts, coconut meat, raw.*
- [7] Stoecker, W.F. (1989). *Design of Thermal System*, 3rd edition, ISBN: 0-07-061620-5, McGraw-Hill, Inc., Singapore.