

การออกแบบและพัฒนาเครื่องทอดหอมเจียว

Design and development of Shallot frying machine

จงกล สุภารัตน์¹ ขวลิต อินปัญญา² ศิริชัย ต่อสกุล³

chongkol12@msn.com¹, ch.inpunyo@gmail.com², sirichai.to@en.rmutt.ac.th³

บทคัดย่อ

เครื่องทอดหอมเจียวถูกออกแบบและสร้างขึ้นเพื่อศึกษาและพัฒนากระบวนการผลิตหอมเจียวให้มีคุณภาพ อำนวยความสะดวก ลดการใช้แรงงาน และลดต้นทุนในการทอดหอมเจียว สำหรับใช้ในวิสาหกิจขนาดกลาง และ ขนาดย่อม ที่แปรรูปหอมแดงจำหน่าย เครื่องต้นแบบประกอบไปด้วย โครงสร้างเครื่อง หม้อน้ำมันขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 400 มิลลิเมตร ลึก 200 มิลลิเมตร หม้อตะแกรงทอดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 380 มิลลิเมตร ลึก 150 มิลลิเมตร ขนาดรูตะแกรง 2 มิลลิเมตร ชุดใบกวนมีรัศมีการกวน 200 มิลลิเมตร ใช้มอเตอร์ขนาด 25 วัตต์ เป็นต้นกำลัง และใช้ ความร้อนจากฮีตเตอร์ ขนาด 2.8 กิโลวัตต์ การทำงานของเครื่องโดยเริ่มจากการเทน้ำมันลงไป ในหม้อน้ำมัน ตั้งอุณหภูมิ ฮีตเตอร์ และรอให้น้ำมันร้อนตามอุณหภูมิที่กำหนด จากนั้นใส่หอมซอยลงในน้ำมัน และทำการเปิดมอเตอร์ใบกวน เมื่อหอมเจียวสุกได้ที่ก็จะยกตะแกรงทอดออกและเทหอมลงตะแกรงสะเด็ดน้ำมัน จากผลการทดลองเครื่องต้นแบบ สามารถทำงานได้ดีที่อุณหภูมิการทอด 170 องศาเซลเซียส และที่ความเร็วรอบของใบกวน 45 รอบต่อนาที มีความ สามารถในการทอดหอมเจียว 3 กิโลกรัม ด้วยเวลา 28.4 นาที สามารถใช้น้ำมันทอดซ้ำได้ถึง 6 ครั้ง โดยที่ปริมาณสาร โพลาร์ไม่เกิน 25 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ได้ผลิตหอมเจียวที่มีคุณภาพ และปลอดภัยต่อผู้บริโภค

คำสำคัญ: หอมหัวแดง วิสาหกิจขนาดกลาง และขนาดย่อม หอมเจียว สารโพลาร์

Abstract

Shallots frying machine is designed and built for the purpose of developing and studying process in frying shallot in order to ensure a good quality, convenience, and reduce workforce and cost in producing fried shallots. The machine will be used in small to medium enterprise and transform shallots in order to sell them. Prototype of the machine comprises a machine frame, an oil pot with 400 mm in diameter and 200 mm in depth, a deep fry sieve with 380 mm in diameter and 150 mm in depth. The sieve hole is 2 mm wide the stirring blade has 200 mm radius. It uses 25 W motor as a driving force and a 2.8 kW heater to generate heat. The machine works by first pouring oil into the pot and setting heater temperature. When the oil is hot at the setting temperature the shallots are poured into the oil. After that, stirring blade will start stirring the shallots.

^{1,2,3} อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

Then the cooked shallots are transfered from sieve to oil draining sieve. The experiment shows that the prototype machine can work best when temperature of the oil is at 70 °C with the blade rotating rate of 45 rpm. The machine can fry up to 3 kg of shallot within 28.4 min. the reused oil could be done up to 6 times while maintaining polar substances at 25% or less Therefore yielding fried shallots with good quality and safe to consumers is obtained.

Keywords: shallots, small to medium enterprise, fried shallots, polar substances

1. บทนำ

ปัจจุบันวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม หรือ SMEs เริ่มมีการขยายตัวเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากปัจจัยหลาย ๆ ด้าน เช่นการสนับสนุนจากภาครัฐ [1] และความต้องการของผู้บริโภคมีความต้องการเพิ่มมากขึ้น ซึ่งรวมไปถึงการขยายตัวของตลาดในประเทศ โดยปี 2558 GDP ของภาคการเกษตร สูงถึง 1,237,309 ล้านบาท หรือคิดเป็นร้อยละ 9.1 [2] ทำให้เกิดช่องทางในการสร้างรายได้ให้กับผู้ประกอบการรายย่อย หรือแม้แต่การรวมกลุ่มกันของคนในชุมชนที่สามารถก่อตั้งเป็นวิสาหกิจชุมชนเพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ออกมาจำหน่าย

หอมแดงเป็นพืชอีกชนิดที่มีการปลูกเป็นจำนวนมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือ หอมแดง (*Allium ascalonicum*) เป็นพืชในวงศ์ Alliaceae [3] ซึ่งเป็นพืชที่มีประโยชน์ทางด้านสมุนไพรและมีสรรพคุณทางยาเช่น แก้อาการคัน แก้อหอบหืด ช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด [4] และยังเป็นพืชเศรษฐกิจอีกประเภทของไทย ในปี 2558 พบว่ามีผลผลิตสูงถึง 129,741 ตัน [5] ซึ่งการจำหน่ายหอมแดงในท้องตลาดจะมีราคาอยู่ระหว่าง 40 - 70 บาทต่อกิโลกรัม ขึ้นอยู่กับปริมาณหอมแดงในท้องตลาดด้วย และในบางปีเกษตรกรต้องประสบปัญหาจำนวนหอมแดงในท้องตลาดมากเกินไป ความต้องการ ทำให้มีราคาตกต่ำ บางครั้งทำให้เกิดการเน่าเสีย เนื่องจากเกษตรกรไม่สามารถขายได้ ดังนั้นการแปรรูปหอมแดงเพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับเกษตรกร เช่น หอมเจียวจึงเป็นอีกทางเลือก กระบวนการผลิตหอมเจียวแบ่งออกเป็นสามขั้นตอน คือ การปอกหัวหอม การหั่นซอย และการเจียว ซึ่งปัจจุบันการทอดหอมเจียวยังใช้แรงงานคน

และเครื่องมือที่ล้าสมัย เช่นการเจียวในกระทะใบบัวที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งการทอดหอมเจียวแต่ละครั้งจะใช้น้ำมันพืชเป็นจำนวนมากเพื่อให้อุณหภูมิน้ำมันคงที่ หอมเจียวได้รับความร้อนทั่วถึง ทำให้หอมเจียวสุกและไม่เกิดการไหม้ มีการศึกษามากมายเกี่ยวกับกระบวนการทอดเพื่อแปรรูปอาหารทั้งในด้านคุณภาพของอาหาร ด้านปัจจัยที่มีผลต่อการทอด เช่น ความชื้นของวัตถุดิบ วิธีการทอด อุณหภูมิ หรือแม้แต่ชนิดของน้ำมันที่ใช้ทอด [6-7]

ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้จึงดำเนินการออกแบบและสร้างเครื่องทอดหอมเจียวต้นแบบ เพื่อทำการศึกษาและพัฒนากระบวนการผลิตหอมเจียวให้มีคุณภาพ ลดต้นทุนในการทอดหอมเจียว อำนวยความสะดวก ลดปัญหาและตอบสนองปัจจัยต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น โดยออกแบบให้มีถังทอดและใบพัดในการทอดหอมเจียว ซึ่งจะทำให้หอมนั้นสุกเท่า ๆ กันและเพื่อลดความเมื่อยล้าของผู้ผลิต

2. วิธีการศึกษา

2.1 ศึกษาข้อมูลสำหรับการออกแบบ

หอมแดงเป็นพืชที่มีลำต้นอยู่ใต้ดิน เป็นไม้หัว มีลักษณะเป็นรูปไข่และพองโต และเรียกกันอีกอย่างว่า บัลบ์ (Bulb) เรียงกันเป็นชั้น ๆ ที่มีเปลือกนอกสีม่วงปนแดง ส่วนใหญ่ขนาดหัวหอมที่นำมาหั่นซอยเพื่อผลิตหอมเจียวจะมีขนาดอยู่ระหว่าง 2- 4.5 เซนติเมตร และมีขนาดความหนาหลังการหั่นซอยอยู่ที่ 2 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 1 ซึ่งขนาดความหนาของหอมซอยควรมีความสม่ำเสมอ เนื่องจากเมื่อนำไปเจียวจะทำให้ได้หอมเจียวที่มีคุณภาพ นอกจากนี้อุณหภูมิในการทอดควรอยู่ระหว่าง 170 - 210 องศาเซลเซียส [8]



(ก)



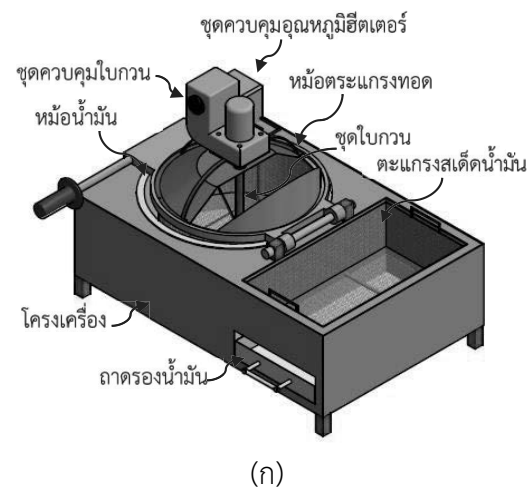
(ข)

รูปที่ 1 (ก) ลักษณะหอมซอย (ข) การวัดขนาดหอมซอยหลังการหั่น

อย่างไรก็ตามนอกจากคุณภาพของหอมเจียว ความปลอดภัยของผู้บริโภคถือว่ามีความสำคัญไม่แพ้กัน เนื่องจากน้ำมันที่ใช้ในกระบวนการทอดหอมเจียวจะมีการเสื่อมสภาพของน้ำมันทอดซ้ำที่เกิดจากโครงสร้างของน้ำมัน ถูกเปลี่ยนเป็นสารประกอบ ที่เป็นอันตรายต่อร่างกาย เช่น สารโพลาร์ (Polar compounds) ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคความดันโลหิตสูง และหลอดเลือดหัวใจตีบ และสารโพลีไซคลิกอะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน (Polycyclic aromatic hydrocarbons: PAHs) ซึ่งเป็นสารที่ก่อให้เกิดโรคมะเร็ง [9-10] ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากน้ำมันทอดซ้ำ โดยการวัดคุณภาพของน้ำมันทอดซ้ำสามารถวัดได้จากปริมาณสารโพลาร์ในน้ำมัน ซึ่งควรมีค่าไม่เกิน 25% ของน้ำหนัก ตามประกาศของกระทรวงสาธารณสุข [11]

2.2 การออกแบบเครื่องต้นแบบ

จากผลการศึกษาปัญหาและข้อมูลต่าง ๆ สำหรับการออกแบบเครื่องทอดหอมเจียวต้นแบบ เพื่อใช้ในธุรกิจขนาดเล็กนั้น สามารถออกแบบโดยใช้หลักการออกแบบทางวิศวกรรม และใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ (CAD) [12-13] ส่วนประกอบของเครื่องประกอบไปด้วยส่วนประกอบหลัก คือ โครงสร้างเครื่องหม้อน้ำมัน ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 400 มิลลิเมตร ความลึก 200 มิลลิเมตร หม้อตะแกรงทอด มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 380 มิลลิเมตร ความลึก 150 มิลลิเมตร ขนาดรูตะแกรง 2 มิลลิเมตร ชุดใบกวน มีรัศมีการกวน 200 มิลลิเมตร สามารถปรับความเร็วรอบได้สูงสุด 50 รอบต่อนาที ชุดควบคุมอุณหภูมิฮีตเตอร์ ขนาด 2.8 กิโลวัตต์ ดังรูปที่ 2 ส่วนประกอบทั้งหมดที่สัมผัสกับหอมโดยตรงจะใช้ สแตนเลส เกรด 304 ซึ่งเป็นวัสดุสำหรับอุตสาหกรรมอาหาร [14]



(ก)



(ข)

รูปที่ 2 (ก) แบบเครื่องต้นแบบด้วยโปรแกรมด้าน CAD
(ข) เครื่องทอดหอมเจียวต้นแบบ

2.3 การทดลอง

วิธีการทดลองการทำงานของเครื่องโดยเริ่มจากการเทน้ำมันลงไปในห้องน้ำมัน 13 ลิตร ตั้งอุณหภูมิฮีตเตอร์และรอให้น้ำมันร้อนตามอุณหภูมิที่กำหนด จากนั้นจึงใส่หอมซอย 3 กิโลกรัม ลงในน้ำมัน และทำการเปิดมอเตอร์ใบกวนตามความเร็วรอบกำหนด ดังรูปที่ 3 เมื่อหอมเจียวสุกได้ที่ก็จะยกตะแกรงทอดออกเพื่อเทหอมลงตะแกรงสะเด็ดน้ำมัน ซึ่งหอมเจียวที่สุกได้ที่จะมีสีเหลืองอมน้ำตาลเข้มดังรูปที่ 4



รูปที่ 3 การทอดหอมเจียวด้วยเครื่องต้นแบบ



รูปที่ 4 สีของหอมเจียวหลังการทอด

หลังจากการทดสอบเบื้องต้นและแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ เครื่องทอดหอมเจียวต้นแบบได้ถูกทดสอบและประเมินสมรรถนะในการทำงาน รวมทั้งคุณภาพในการรักษาระดับอุณหภูมิน้ำมัน โดยประเภทของหอมแดงที่ใช้ในการทดลอง คือ หอมแดงไทย ที่มีขนาดความหนาหลังการหั่นซอยประมาณ 2 มิลลิเมตร และทำการทอดโดยใช้น้ำมันปาล์ม ในการทดลองทอดหอมเจียวด้วยเครื่องต้นแบบนี้ทำการทดลองภายใต้เงื่อนไข อุณหภูมิ และความเร็วของ

ใบกวน เพื่อหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องที่ดีที่สุด โดยกำหนดอุณหภูมิในการทอดหอมเจียว 3 ระดับ ได้แก่ 170 190 และ 210 องศาเซลเซียส ขณะที่ความเร็วของใบกวนแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ 25 35 และ 45 รอบต่อนาที

ในการทดลองน้ำมันที่ใช้ในการทอดจะถูกเก็บตัวอย่างหลังการทอดทุกครั้ง เพื่อทดสอบคุณภาพน้ำมันที่มีการนำมาทอดซ้ำ ซึ่งตัวอย่างน้ำมันที่ได้ถูกนำมาทดสอบหาปริมาณสารโพลาร์ (Polar Metabolites Test) โดยใช้ชุดทดสอบสารโพลาร์ในน้ำมันทอดซ้ำของศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์อุบลราชธานีเพื่อตรวจหาค่าสารโพลาร์ในน้ำมันทอดซ้ำ [15] โดยค่าการทดสอบสามารถเทียบกับแถบสีอ่านค่าได้ดังรูปที่ 5

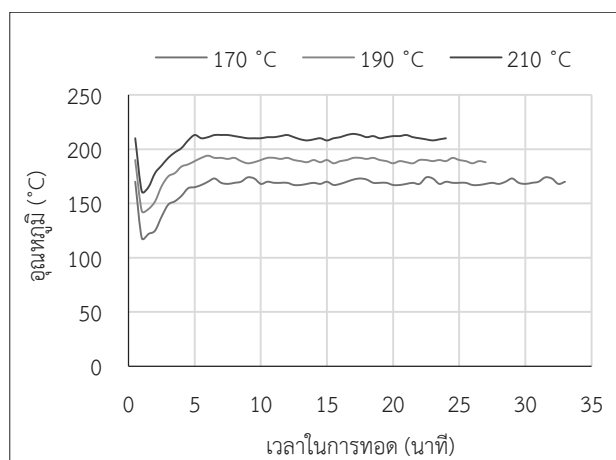


รูปที่ 5 แสดงวิธีการอ่านผลทดสอบสารโพลาร์ในน้ำมัน [16]

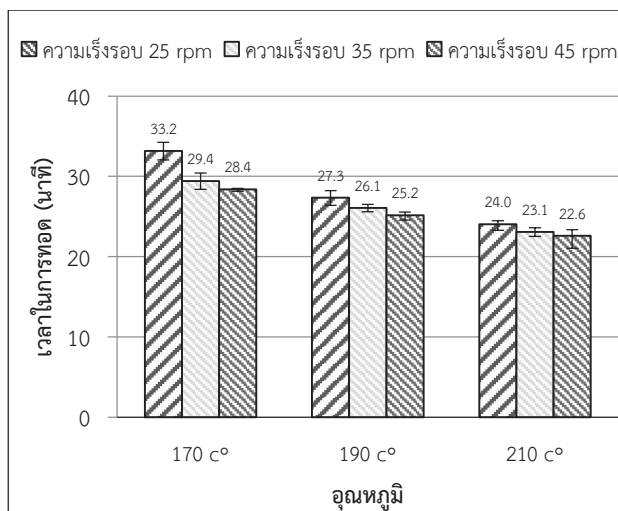
3 ผลการทดลอง

จากการทดลองทอดหอมเจียวที่อุณหภูมิในการทอด 3 ระดับ พบว่าเมื่อทำการป้อนวัตถุดิบลงไปในน้ำมันร้อนทำให้อุณหภูมิในช่วงแรกลดลง ดังรูปที่ 6 โดยอุณหภูมิน้ำมันมีการลดลงสูงสุดประมาณ 50 องศาเซลเซียส จากนั้นทำการเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นตามที่กำหนด ซึ่งใช้เวลาประมาณ 4-5 นาที อุณหภูมิจึงเริ่มคงที่ การทดลองภายใต้ตัวแปรที่แตกต่างกันนั้น พบว่าเวลาที่ใช้ในการทอดหอมเจียวมีความแตกต่างกัน ซึ่งการเพิ่มอุณหภูมิทำให้เวลาในการทอด

หอมเจียวลดลง ดังรูปที่ 7 การใช้อุณหภูมิสูงสุด 210 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการเจียวต่ำสุด ขณะที่ความเร็วของใบกวนส่งผลให้เวลาในการเจียวลดลงเช่นกัน การใช้ความเร็วของใบกวน 45 รอบต่อนาที ทำให้เวลาในการทอดต่ำสุด เมื่อเทียบกับความเร็วของใบกวนแต่ละระดับ การเพิ่มความเร็วของใบกวน หอมเจียวจะได้รับความร้อนอย่างทั่วถึง ระหว่างการทอด ทำให้หอมเจียวที่ได้มีความกรอบสม่ำเสมอ และสุกเท่า ๆ กัน แต่หากใบกวนมีความเร็วรอบสูงเกินไป จะทำให้หอมแดงจับกันเป็นก้อน และไม่มีการคลุกเคล้ากัน ภายในหม้อน้ำมัน จนทำให้หอมเจียวเกิดการไหม้ได้



รูปที่ 6 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิน้ำมันระหว่างการทอด



รูปที่ 7 ระยะเวลาในการทอดหอมเจียวที่อุณหภูมิและความเร็วรอบใบกวนแตกต่างกัน

จากผลการทดลองที่อุณหภูมิ 170 190 และ 210 องศาเซลเซียส ที่ความเร็วรอบใบกวน 45 รอบต่อนาที เมื่อนำตัวอย่างน้ำมันมาทดสอบการเกิดสารโพลาร์ในน้ำมันทอดซ้ำ พบว่าการทอดหอมเจียวที่อุณหภูมิสูงส่งผลต่ออัตราการเพิ่มขึ้นของสารโพลาร์ [17] ดังตารางที่ 1 ที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส สามารถใช้น้ำมันทอดซ้ำได้ถึง 6 ครั้ง โดยที่ค่าโพลาร์ไม่เกิน 25 เปอร์เซนต์ หรือมีระยะเวลาในการทอดซ้ำรวมแล้วไม่เกิน 170 นาที ขณะที่การใช้ อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส สามารถใช้น้ำมันทอดซ้ำได้ 5 ครั้ง หรือมีระยะเวลาในการทอดซ้ำรวมแล้วไม่เกิน 125 นาที และการใช้ อุณหภูมิ 210 องศาเซลเซียส สามารถใช้น้ำมันทอดซ้ำได้ 4 ครั้ง หรือมีระยะเวลาในการทอดซ้ำรวมแล้วไม่เกิน 90 นาที จากผลการทดลองทั้ง 3 อุณหภูมิ พบว่าการทอดหอมเจียวที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส น้ำมันจะมีอายุการใช้งานและมีจำนวนในการทอดซ้ำมากกว่า การทอดหอมเจียวที่อุณหภูมิ 190 และ 210 องศาเซลเซียส

จากผลการทดลองดังกล่าวอุณหภูมิในการทอดหอมเจียวที่ 170 องศา เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการทำงานของเครื่องต้นแบบ เนื่องจากสามารถเพิ่มอายุการใช้งานของน้ำมัน และสามารถลดต้นทุนค่าน้ำมันที่ใช้ในการทอดหอมเจียวได้ นอกจากอุณหภูมิในการทอดแล้ว ขนาดของหอมขอยังส่งผลต่ออายุการใช้งานของน้ำมัน เนื่องจากระหว่างการทอด เศษของหอมแดงที่มีขนาดเล็กจะตกลงไปอยู่บริเวณก้นหม้อน้ำมัน และทำให้ไหม้ก่อนที่หอมทั้งหมดจะสุก ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้น้ำมันเสื่อมคุณภาพเร็วขึ้น

ตารางที่ 1 ผลการวัดปริมาณสารโพลาร์ในน้ำมันทอดซ้ำ

อุณหภูมิ (°C)	ความเร็วรอบ (RPM)	ปริมาณสารโพลาร์ (%)							
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8
170	25	9 - 20	9 - 20	9 - 20	20 - 24	20 - 24	24 - 25	25 - 26	26 - 27
	35	9 - 20	9 - 20	9 - 20	20 - 24	20 - 24	24 - 25	25 - 26	26 - 27
	45	9 - 20	9 - 20	9 - 20	20 - 24	20 - 24	24 - 25	25 - 26	26 - 27
190	25	9 - 20	9 - 20	9 - 20	20 - 24	20 - 24	25 - 26	26 - 27	26 - 27
	35	9 - 20	9 - 20	9 - 20	20 - 24	20 - 24	25 - 26	26 - 27	26 - 27
	45	9 - 20	9 - 20	9 - 20	20 - 24	20 - 24	25 - 26	26 - 27	26 - 27
210	25	9 - 20	9 - 20	20 - 24	24 - 25	25 - 26	26 - 27	26 - 27	26 - 27
	35	9 - 20	9 - 20	20 - 24	24 - 25	25 - 26	26 - 27	26 - 27	26 - 27
	45	9 - 20	9 - 20	20 - 24	24 - 25	25 - 26	26 - 27	26 - 27	26 - 27

4. สรุปผลการทดลอง

จากการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องทอดหอมเจียวโดยใช้ตัวชี้วัดผลการศึกษาคือ ความสามารถในการทำงาน และอายุการใช้งานของน้ำมัน พบว่าเครื่องต้นแบบสามารถทำงานได้ดีที่อุณหภูมิการทอด 170 องศาเซลเซียส และที่ความเร็วรอบของใบกวน 45 รอบต่อนาที มีความสามารถในการทอดหอมเจียว 3 กิโลกรัม ด้วยเวลา 28.4 นาที และสามารถใช้น้ำมันทอดซ้ำได้ถึง 6 ครั้ง โดยที่ปริมาณสารโพลาร์ไม่เกิน 25 เปอร์เซ็นต์

ผลการทดสอบปริมาณสารโพลาร์สามารถนำไปใช้เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการกำหนดอายุการใช้งานของน้ำมันทอดซ้ำในกระบวนการทอดหอมเจียวจากเครื่องต้นแบบได้ โดยอ้างอิงจากอุณหภูมิในการทอด เพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานการใช้น้ำมันทอดซ้ำ ที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนด

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากงานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก RMUTT financial budget in fiscal in 2016 ที่ได้ให้งบประมาณสนับสนุนโครงการวิจัย และขอขอบคุณภาควิชาชีพวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ให้การสนับสนุนในด้านต่าง ๆ จะโครงการงานวิจัยนี้

ประสบผลสำเร็จในการดำเนินงานเป็นอย่างดี ทางผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

- [1] ข้าว สสว. รับมอบนโยบายส่งเสริม SMEs พร้อมเดินทางปี 2559. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : <http://www.sme.go.th/th/index.php/news1/1015-smes-2559> (5 มกราคม 2560).
- [2] สำนักงานส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (สสว.), 2559. รายงานสถานการณ์ วิสาหกิจขนาดกลาง และขนาดย่อม ปี 2559
- [3] Smith, C., Lombard, KA., Peffley, EB. and Liu, W., 2003. Genetic Analysis of Quercetin in onion (Allium cepa L.). The Texas Journal of Agriculture and Natural Resource. No. 16. pp. 24-28
- [4] สุกัญญา เดชอดิษฐ์, 2553. บทความสมุนไพร เรื่องของหอม. ภาควิชาเภสัชเวชและเภสัชพฤกษศาสตร์ คณะเภสัชศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา
- [5] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. ข้อมูลการผลิตสินค้าการเกษตร 2558. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : <http://www.oae.go.th>. (5 มกราคม 2560).

- [6] วารวิชนี ลอปกุลเกียรติ, วิไล รัชสาดทอง, นื่องนุช ศิริวงศ์, 2533. **ผลของปัจจัยในการทอดต่อคุณสมบัติบางประการของขนมขบเคี้ยวที่ได้จากการทอดเฟลลิต**. วารสารบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, ฉบับที่ 3. หน้า 83-95.
- [7] จริยา สุขจันทร์, กาสิมัท หะมะ, 2551. **ผลของน้ำมันที่ใช้ทอดต่อคุณภาพของกล้วยหินฉาบ**. วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ฉบับที่ 3. หน้า 11-18.
- [8] พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, นิธิยา รัตนานนท์. **Frying / การทอด**. ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหารครบวงจร. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0347/frying-การทอด>. (15 กุมภาพันธ์ 2560).
- [9] นิตยสารฉลาดซื้อ. 2556. **Consumer Justice Now!** ฉบับที่ 144, ปีที่ 19. หน้า 26-31.
- [10] อภิญญา ตันทวีวงศ์, นวพร ต่อมกระโทก, 2555. **ปฏิกิริยาน้ำมันทอดซ้ำ จากกันกระหะ สู่วาระแห่งชาติ**. พิมพ์ครั้งที่ 1. ศูนย์พัฒนาวิชาการและกลไกการคุ้มครองผู้บริโภคด้านสุขภาพ, กรุงเทพฯ.
- [11] ประกาศกระทรวงสาธารณสุข 2547. **กำหนดปริมาณสารโพลาร์ในน้ำมันที่ใช้ทอดหรือประกอบอาหารเพื่อการจำหน่าย**. ฉบับที่ 283.
- [12] Krutz, G., Thomson, L., Claar, P., 1994. **Design of Agricultural Machinery**. John Wiley and Sons. New York Chichester Brisbane, Toronto, Singapore. pp. 472
- [13] Shigley, J.E., Mischke, C.R., 1989. **Mechanical Engineering Design**. Edition, McGraw-Hill Book Company, USA. Pp. 779.
- [14] อติศักดิ์ ฤชา และ มัติ ศรีหล้า, 2558. **เครื่องฝานกล้วยทำกล้วยฉาบ**. วารสารเกษตรพระวรุณ. ปีที่ 12 ฉบับที่ 2. หน้า 136-143.
- [15] กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. **คู่มือการใช้ชุดทดสอบอาหาร**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://dmsc2.dmsc.moph.go.th/webroot/BQSF/File/food_safety/document/foodsafety%20manual_fulltext.pdf. (24 กุมภาพันธ์ 2560).
- [16] SANSABAY SHOP. ชุดทดสอบสารโพลาร์ในน้ำมันทอดซ้ำ. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : <http://www.sansabaytwelve.com/f015.php>. (24 กุมภาพันธ์ 2560).
- [17] ภาควิชา อดุลยเดชจิตร, 2559. **การศึกษาความสัมพันธ์ระยะเวลาต่อการเกิดสารโพลาร์ในน้ำมันที่ใช้ทอดอาหารประเภทเนื้อและแป้ง**. การประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ครั้งที่ 3 ก้าวสู่ทศวรรษที่ 2: บูรณาการงานวิจัย ใช้องค์ความรู้สู่ความยั่งยืน, จังหวัดนครราชสีมา. หน้า 401-408.

