

## ออกแบบพัฒนาเครื่องทอดสุญญากาศ Design and Development on Vacuum Fryer

ชัยวัฒน์ เผ่าสันตปาณีชัย<sup>1</sup> วิบูลย์ เทเพนทร์<sup>1</sup> เวียง อากรณี<sup>1</sup> พุทธิธินันท์ จารุวัฒน์<sup>1</sup> บัณฑา แสงวงษา<sup>1</sup> และยงยุทธ คงชาน<sup>1</sup>  
Chaiwat Paosantadpanich<sup>1</sup>, Viboon Thepent<sup>1</sup>, Weang Arekornchee<sup>1</sup>, Puttinun Jarruwat<sup>1</sup>, Buncha Sangwongsa<sup>1</sup> and  
Yongyoot Congzan<sup>1</sup>

### Abstract

Vacuum frying technology of fruit having the advantage of low oxygen existed in the system resulted in the low rates of frying oil oxidation and lower boiling point of below 100 °C. The vacuum fried fruit products had better aroma and flavor similar to that of fresh fruit. The Research Institute of Agricultural Engineering, Department of Agriculture conducted a survey and compared the efficiency of the existing vacuum fried equipments used for processing of vacuum fried durian product. A research on design and development of an equipment to be used for vacuum fried of ripe durian at low temperatures were reported. A survey of four small scale vacuum fried durian plants located in Chantaburi and Trad provinces were conducted. It was found that the capacity of the frying tanks were less than 50 kg. equipped either with or without the oil separator. The equipment cost from 300,000 to 5 million Baht depended on the production capacity and facilities equipped in the system. The inefficient system of trapping the steam and oil vapor to get into the vacuum pump was identified. The prototype of the vacuum fried designed composed of 1) a tightly closed vertical cylindrical frying tank equipped inside with a frying basket of 5 kg. capacity and the variable motor, the built-in oil separator; 2) heating system using heat transfer oil medium and liquid petroleum gas fuel; 3) a stocked oil tank; 4) pipes and pumping system to circulate the frying oil out of the frying compartment and 5) water and oil vapor condensers. 6) vacuum pump type Mechanical Booster Pump. The modified vacuum fried facility tested with sliced durian 5 kg. at the vacuum 740 mm.Hg. of frying temperature at 85 °C for 35 minutes followed by separating of oil from the fried fruit for 15 minutes. Two kilograms of vacuum fried durian was obtained. pieced durian 5 kg. at the vacuum 740 mm.Hg. of frying temperature at 85 °C for 40 minutes followed by separating of oil from the fried fruit for 15 minutes. Two kilograms of vacuum fried durian was obtained. Further development are needed for the prototype to enlarge the frying tank capacity and increase the efficiency of the condenser used to trap the water vapor and oil vapor from entering the vacuum pump.

### บทคัดย่อ

การนำเทคโนโลยีการทอดในระบบสุญญากาศมาใช้ในการทอดผลไม้ มีข้อดีจากการที่มีออกซิเจนน้อยมากในระบบ ทำให้เกิดการออกซิเดชันต่ำในน้ำมัน และมีการใช้ความร้อนอุณหภูมิต่ำสามารถทำให้เกิดการเดือดได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100 °C ผลิตภัณฑ์แปรรูปจึงมีคุณภาพด้านกลิ่น สี และรสชาติหวานใกล้เคียงกับธรรมชาติเดิมได้ค่อนข้างดี สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร ได้ดำเนินการศึกษาสำรวจและเปรียบเทียบประสิทธิภาพเครื่องที่มีใช้อยู่ในกระบวนการผลิตทุเรียนทอดสุญญากาศ ตลอดจนศึกษาพัฒนาออกแบบเครื่องทอดสุญญากาศที่ทอดทุเรียนสุกได้ที่อุณหภูมิต่ำ ผลการสำรวจในพื้นที่ภาคตะวันออกที่มีการปลูกทุเรียนมากคือ จ.จันทบุรี และ จ.ตราด พบว่า มีการใช้เครื่องทอดสุญญากาศจำนวน 4 ราย พบใน จ.จันทบุรี 3 ราย และใน จ.ตราด 1 ราย ทั้งหมดเป็นผู้ประกอบการขนาดเล็ก โดยมีขนาดกำลังผลิตสูงสุดไม่เกิน 50 กิโลกรัม/ ครั้ง มีทั้งแบบสไลด์น้ำมันในถังทอดและไม่มี ราคาเครื่องมีตั้งแต่ 3 แสนบาท จนถึง 5 ล้านบาท ขึ้นอยู่กับขนาดกำลังผลิตและอุปกรณ์ในระบบ ปัญหาที่พบคือ การดักไอน้ำและน้ำมันที่พุ่งก่อนเข้าปั๊มสุญญากาศมีประสิทธิภาพต่ำ เครื่องทอดสุญญากาศต้นแบบที่ออกแบบประกอบด้วย 1) ถังทอดแบบปิดสนิทลักษณะทรงกระบอกตั้ง มีตะกร้าทอดทรงกระบอกวาง

<sup>1</sup> กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร ปทุมธานี 12120

<sup>1</sup> Postharvest Engineering Research Group , Research Institute of Agricultural Engineering , Department of Agriculture. Pathumthani 12120

แนวตั้งภายในและมีแกนหมุนปรับเร็วและเข้าได้ ความสามารถในการทอด 5 กิโลกรัม/ ครั้ง มีการสกัดน้ำมันในถังทอด 2) ระบบให้ความร้อนกับน้ำมันทอด แบบผ่านตัวกลางเป็นน้ำมันถ่ายเทความร้อนโดยใช้แก๊สหุงต้ม(LPG) เป็นเชื้อเพลิง 3) ถังพักและสำรองน้ำมันทอด 4) ระบบท่อและปั๊มหมุนเวียนน้ำมันทอดออกจากถังทอด 5) ระบบชุดดักไอน้ำและน้ำมันจากถังทอดก่อนเข้าปั๊มสุญญากาศ และ 6) ชุดปั๊มสุญญากาศแบบ Mechanical Booster Pump ผลทดสอบและแก้ไขปรับปรุงต้นแบบเครื่องทอดสุญญากาศ พบว่า ทูเรียนสดแบบสไลด์ จำนวน 5 กิโลกรัม ทอดที่สุญญากาศ 740 mmHg, อุณหภูมิทอด 85 °C ใช้เวลา 35 นาที แล้วสกัดน้ำมันต่อ 15 นาที ได้ผลิตภัณฑ์หลังทอดจำนวน 2 กิโลกรัม ทูเรียนสดแบบพู จำนวน 5 กิโลกรัม ทอดที่สุญญากาศ 740 mmHg, อุณหภูมิทอด 85 °C ใช้เวลา 40 นาที แล้วสกัดน้ำมันต่อ 15 นาที ได้ผลิตภัณฑ์หลังทอดจำนวน 2 กิโลกรัม ต้นแบบเครื่องทอดสุญญากาศต้องดำเนินการพัฒนาต่อ เช่น เพิ่มขนาดความจุถังทอด และเพิ่มความสามารถของชุดดักไอน้ำและน้ำมันก่อนเข้าปั๊มสุญญากาศ

### คำนำ

การแปรรูปทูเรียนทอดกรอบสุญญากาศเพื่อเพิ่มความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ เป็นการแก้ปัญหาอย่างยั่งยืนเพื่อลดการสูญเสียของทูเรียนสดในช่วงผลผลิตล้นตลาดและเสียหายจากการรอจำหน่าย และการพัฒนาปรับปรุงเครื่องจักรกลสำหรับการแปรรูปทูเรียนทอดกรอบสุญญากาศเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต และเพิ่มคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เป็นแนวทางหนึ่งที่จะทำให้ตลาดทูเรียนภายในประเทศขยายมากขึ้น ช่วยระบายผลผลิตทูเรียนสดที่ล้นตลาดในฤดูได้และทำให้ราคาไม่ตกต่ำเกินไป ผลิตภัณฑ์แปรรูปทูเรียนทอดกรอบสุญญากาศชนิดใหม่นี้มีศักยภาพทางการตลาดทั้งในประเทศและต่างประเทศ การทอดกรอบในระบบสุญญากาศเป็นที่นิยมแพร่หลายในต่างประเทศ เนื่องจากผลิตภัณฑ์แปรรูปนั้นมีอายุการเก็บรักษาไว้ได้นาน และรักษาคุณภาพด้านกลิ่น สีและรสชาติ (หวาน) ของผลผลิตนั้น ๆ ให้มีคุณภาพใกล้เคียงธรรมชาติเดิมได้ค่อนข้างดี ทำให้ผลผลิตที่ผ่านการแปรรูปแล้วมีมูลค่าสูงขึ้น ดังเช่นทูเรียนทอดกรอบสุญญากาศที่ซื้อขายกันในตลาดมีราคาถึงกิโลกรัมละประมาณ 700 บาท เทคโนโลยีการทอดกรอบภายใต้ความดันต่ำกว่าบรรยากาศ เป็นกรรมวิธีหนึ่งซึ่งเพิ่มอัตราการระเหยของน้ำโดยที่จุดเดือดของน้ำจะลดต่ำลง เนื่องจากในการทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศจะมีน้ำมันเป็นตัวถ่ายเทความร้อน ทำให้น้ำระเหยออกจากผลผลิตด้วยการเดือดได้ที่อุณหภูมิต่ำและใช้เวลาดลดลง ในบรรยากาศปรกติการเดือดของน้ำต้องการอุณหภูมิ 100 °C ซึ่งอุณหภูมิดังกล่าวค่อนข้างสูง และมีผลต่อกลิ่นและรสของผลิตภัณฑ์รวมทั้งน้ำตาลในผลิตภัณฑ์นั้นด้วย ดังนั้นการทำให้ น้ำเดือดจึงจำเป็นต้องใช้อุณหภูมิต่ำโดยจะต้องทำการลดความดันบรรยากาศลงตามหลักของเทอร์โมไดนามิค หลังจากกระบวนการทอดเพื่อให้ น้ำระเหยออกจากผลผลิตเสร็จสิ้นลง ผลผลิตจะต้องถูกสกัดเอาน้ำมันทอดที่ติดอยู่ในผลผลิตนั้นออกไปให้หมด เนื่องจากอาหารจำพวกทอดจะมีเปอร์เซ็นต์น้ำมันเจือปนอยู่ซึ่งทางการแพทย์พบว่าเป็นอันตรายต่อสุขภาพ ข้อมูลการวิจัยระบบการทอดแบบสุญญากาศในประเทศ ตามที่ปรากฏในเอกสารเผยแพร่มีน้อยมาก ปัจจุบันได้มีการนำเข้าเครื่องมือดังกล่าวมาจากต่างประเทศมาใช้งานซึ่งมีราคาที่สูงมาก และมีผู้พยายามสร้างเครื่องมือดังกล่าวขึ้นมาใช้เองในประเทศ แต่เนื่องจากยังขาดประสบการณ์ความรู้ทางด้านวิชาการและความเข้าใจในขบวนการที่ถูกต้อง ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพไม่สม่ำเสมอและมีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง ดังนั้นสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร จึงได้ดำเนินการศึกษาสำรวจและเปรียบเทียบประสิทธิภาพเครื่องที่มีใช้อยู่ในกระบวนการผลิตทูเรียนทอดกรอบสุญญากาศ และศึกษาพัฒนาออกแบบเครื่องทอดสุญญากาศสำหรับใช้ทอดทูเรียนสุกที่อุณหภูมิต่ำได้อย่างรวดเร็ว เพื่อให้ได้เครื่องทอดสุญญากาศต้นแบบที่มีประสิทธิภาพเหมาะสมระดับอุตสาหกรรมในครัวเรือน และได้ทูเรียนทอดกรอบที่มีคุณภาพสอดคล้องกับความต้องการของตลาด รวมทั้งสนับสนุนการถ่ายทอดเทคโนโลยีที่มีการฝึกปฏิบัติจริง ให้แก่กลุ่มเกษตรกรและผู้ประกอบการที่สนใจ ให้มีการผลิตทูเรียนทอดกรอบสุญญากาศได้เองในท้องถิ่น

### วิธีดำเนินการ

ศึกษาข้อมูลพื้นฐานเปรียบเทียบวิธีการทอดกรอบทูเรียนที่ใช้น้ำมันในแบบสภาวะบรรยากาศปรกติกับแบบสภาวะสุญญากาศ โดยการสืบค้นเอกสารและศึกษาข้อมูลจากแหล่งผู้ผลิต ศึกษาสำรวจการใช้เครื่องทอดสุญญากาศในประเทศ โดยศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพเครื่องที่มีใช้อยู่ในกระบวนการผลิตทูเรียนทอดกรอบสุญญากาศ และศึกษาพัฒนาออกแบบเครื่องทอดสุญญากาศสำหรับใช้ทอดทูเรียนสุกที่อุณหภูมิต่ำได้อย่างรวดเร็ว โดยออกแบบสร้างต้นแบบแล้วทดสอบและแก้ไขปรับปรุงพัฒนาต้นแบบให้มีประสิทธิภาพ



สุญญากาศ 740 mmHg, อุณหภูมิทอด 85 °C, ใช้เวลา 40 นาที แล้วสลัดน้ำมันต่อ 15 นาที ได้ผลิตภัณฑ์หลังทอดจำนวน 2.1 กิโลกรัม ส่วนทุเรียนแช่แข็งแบบสไลด์ จำนวน 5 กิโลกรัม ทอดที่สุญญากาศ 740 mmHg, อุณหภูมิทอด 90 °C, ใช้เวลา 50 นาที แล้วสลัดน้ำมันต่อ 15 นาที ได้ผลิตภัณฑ์หลังทอดจำนวน 2 กิโลกรัม ทุเรียนแช่แข็งแบบพู จำนวน 5 กิโลกรัม ทอดที่สุญญากาศ 740 mmHg, อุณหภูมิทอด 90 °C, ใช้เวลา 55 นาที แล้วสลัดน้ำมันต่อ 15 นาที ได้ผลิตภัณฑ์หลังทอดจำนวน 2.3 กิโลกรัม

Table1. Result of the modified vacuum fried facility tested with 4 type of durian

Type of durian	Initial weight	Vacuum pressure	Temperature	Time	Final weight
Fresh sliced durian	5 Kg.	740 mm.Hg	85 °C	35 Min.	2.0 Kg.
Fresh pieced durian	5 Kg.	740 mm.Hg	85 °C	40 Min.	2 .1 Kg.
Freeze sliced durian	5 Kg.	740 mm.Hg	90 °C	50 Min.	2 .0 Kg.
Freeze pieced durian	5 Kg.	740 mm.Hg	90 °C	55 Min.	2 .3 Kg.

### วิจารณ์ผล

ต้นแบบเครื่องทอดสุญญากาศควรดำเนินการพัฒนาต่อ เช่น เพิ่มขนาดความจุถึงทอด เพิ่มความสามารถของชุดตัดไอน้ำของน้ำและน้ำมันก่อนเข้าบีมสุญญากาศ และศึกษาพัฒนาการใช้บีมสุญญากาศแบบ Water jet

### สรุป

ความหนาขึ้นเนื้อทุเรียนที่มากขึ้นต้องใช้เวลาทอดนานขึ้น และหากแช่แข็งก่อนทอดยิ่งใช้เวลานานขึ้นอีก จนขึ้นหนาจะสูงไม่ถึงเนื้อใน เนื้อทุเรียนสุกหลังทอดพบเศษเส้นฝอยมาก ส่วนเนื้อทุเรียนดิบหลังทอดพบเศษผงละเอียดมาก น้ำมันถ่ายเทความร้อนรับความร้อนได้ไวและเก็บความร้อนได้สูงควรปรับปรุงเพิ่มชุดหมุนเวียนออกจากเล็กรอบตัวถังทอด พบเศษผงทุเรียนทอดที่ก้นถังทอด ควรปรับปรุงขยายขนาดท่อทางออกน้ำมันจากถังทอด

### เอกสารอ้างอิง

- กุลธินันท์ ตะวงศ์. 2543. การออกแบบเครื่องทอดภายใต้สุญญากาศ. ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 90น.
- ไชยณรงค์. 2546. ระบบบีมสุญญากาศ. เครื่องกลชุดที่ 11. บริษัท เอ็มแอนดีอี จำกัด, กรุงเทพฯ. น. 49-57
- ดวงเดือน เรืองเกิด. 2539. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ทุเรียนแผ่นกรอบ. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 127 น.
- พงษ์ธร จรรย์ญากรณ์. 2542. อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนสำหรับงานอุตสาหกรรม. บริษัท เอ็มแอนดีอี จำกัด. กรุงเทพฯ. 358 น.
- วิฑูร รัตนศักดิ์. 2546. สุญญากาศกับการใช้งาน. เครื่องกลชุดที่ 2. บริษัท เอ็มแอนดีอี จำกัด. กรุงเทพฯ. น. 276-289
- เอกสารเผยแพร่วิชาการเคหกิจเกษตร. 2539. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมในครัวเรือนของกลุ่มแม่บ้านเกษตรกร "ทุเรียนทอดกรอบ". สำนักงานส่งเสริมการเกษตรภาคตะวันออกเฉียง. กรมส่งเสริมการเกษตร. ระยอง.
- เอกสารเผยแพร่วิชาการกรมวิชาการเกษตร. 2542. มาตรฐานทุเรียนของประเทศไทยและการผลิตทุเรียนอย่างถูกต้องและเหมาะสม (GAP). ศูนย์ผลักดันสินค้าเกษตรเพื่อการส่งออก. กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ. 41 น.