# การพัฒนาเทคโนโลยีเจ็ทไหลปะทะสำหรับใช้ในกระบวนการอบและให้ความร้อนในอุตสาหกรรมอาหาร

# Development of Jet Impingement Technology for Drying and Heating Processes in Food Industry

ทีมวิจัยวิศวกรรมอุณหภาพ-ของไหล

## ที่มาของงานวิจัย

ปัญหาในอุตสาหกรรมอบแห้งแปรรูปผลิตภัณฑ์เกษตรขนาดเล็ก-กลาง

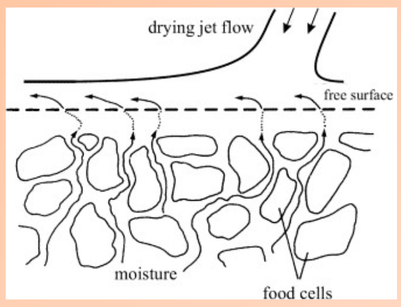
- ปัญหากระบวนการอบแบบเดิมมีอัตราการผลิตแปรรูปที่ต่ำ
- ปัญหาในการผลิตสินค้าผลไม้อบแห้งในเชิงอุตสาหกรรม ยังไม่มีมาตรฐานที่ดี ไม่มีมาตรฐานในการผลิตที่มีคุณภาพ
- ปัญหาต้นทุนการผลิตสูงขึ้น โดยเฉพาะต้นทุนพลังงานที่สูงขึ้น

จึงต้องการเครื่องอบแห้ง ที่สามารถลดเวลาในการอบแห้ง สามารถอบให้แห้งสม่ำเสมอ ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการอบแห้งมีคุณภาพดี แก้ปัญหาถูกกีดกันในการส่งออกไปยังต่างประเทศ ขายได้ในราคาที่สูงขึ้น และเมื่อต้นทุนพลังงานที่ใช้ในการอบแห้งต่ำลง ผู้ประกอบการได้รับผลตอบแทนสูงขึ้น

## ตู้อบแบบถาดที่ใช้ทั่วไป

- วิธีให้ลมร้อนไหลผ่านผลิตภัณฑ์ มีอัตราการให้ความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์ที่ต่ำ ทำให้ใช้เวลานานในการอบ มักเกิดความไม่สม่ำเสมอของการให้ความร้อนในกรณีที่ห้องอบหรือกระบะอบมีขนาดใหญ่

## เทคโนโลยีเจ็ทไหลปะทะ




- ใช้กระแสอากาศหรือลำเจ็ทที่มีความเร็วสูง ไหลปะทะกับผิวของผลิตภัณฑ์โดยตรง ช่วยทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนและความชื้นสูงขึ้น
- อัตราการถ่ายเทความร้อนของระบบเจ็ทไหลปะทะจะสูงกว่าระบบเดิม 2 ถึง 3 เท่า เหมาะกับกระบวนการให้ความร้อนในการอบแห้งที่รวดเร็ว
- ใช้อบแห้งวัสดุแผ่นบาง เช่น แผ่นฟิล์ม สิ่งทอ กระดาษ สิ่งพิมพ์ อบหรือทำอาหาร เช่น มันฝรั่งทอด พิซซ่า คุกกี้ ขนมปังอบ และขนมเค้ก อบผลิตภัณฑ์จำพวกเมล็ด เช่น เม็ดกาแฟ เม็ดโกโก้ ข้าว และถั่วประเภทต่างๆ
- สามารถใช้ลมร้อนที่อุณหภูมิต่ำกว่าในการอบ ทำให้การสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการน้อยกว่า อบสมุนไพร

## ปัญหาของเทคโนโลยีเจ็ทไหลปะทะ

- มีต้นทุนการใช้พลังงานที่สูง ต้องใช้กำลังพัดลมที่สูงขึ้น เมื่อเทียบกับระบบอบแห้งแบบเดิมที่ใช้ลมร้อนไหลผ่านผลิตภัณฑ์ เนื่องจากต้องสร้างเจ็ทลมร้อนที่มีความเร็วสูงไหลปะทะผลิตภัณฑ์โดยตรง จึงยังไม่เป็นที่นิยมใช้งานอุตสาหกรรมในประเทศไทย
- หากต้องการเพิ่มอัตราการแห้ง จำเป็นต้องเพิ่มอุณหภูมิและความเร็วของเจ็ทอากาศที่ไหลปะทะพื้นผิวเพิ่มขึ้นไปอีก แต่การเพิ่มอุณหภูมิของเจ็ทอาจจะมีข้อจำกัด เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงเกินไปอาจจะไปทำลายพื้นผิวหรือผลิตภัณฑ์ที่จะอบแห้งได้ และการเพิ่มความเร็วเจ็ทจำเป็นต้องเพิ่มกำลังของพัดลมมากขึ้น
- การออกแบบไม่เหมาะสม การแห้งไม่สม่ำเสมอ เกิดจุดร้อน จุดเย็น
- ไม่มีข้อมูลเงื่อนไขการใช้งานที่เหมาะกับผลิตภัณฑ์ที่จะอบโดยเฉพาะ

## วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- ศึกษาและพัฒนาเครื่องอบแห้งระบบเจ็ทไหลปะทะสำหรับอบแห้งให้ความร้อนผลิตภัณฑ์เกษตรในอุตสาหกรรมอาหารที่มีประสิทธิภาพสูงและประหยัดพลังงาน
- พัฒนาเครื่องอบแห้งต้นแบบระบบเจ็ทไหลปะทะสำหรับอบผลิตภัณฑ์เกษตร และศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบเจ็ทไหลปะทะกับระบบอบแห้งแบบถาดสำหรับกระบวนการอบผัก ผลไม้ และผักชุบแป้งทอด
- ศึกษาจลนพลศาสตร์ของการแห้งของผลิตภัณฑ์ประเภทผักสด และ คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการอบด้วยระบบเจ็ทไหลปะทะเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ประเภทใหม่ที่ดีต่อสุขภาพ

## แผนดำเนินงานวิจัย

**1.การศึกษาอบแห้งให้ห้องปฏิบัติการ**

- ทบสอบอบผลิตภัณฑ์เกษตรโดยใช้ระบบเจ็ทไหลปะทะ
- ศึกษาจลนพลศาสตร์การแห้งและคุณภาพผลิตภัณฑ์หลังอบเปรียบเทียบกับวิธีอบแบบถาด
- ศึกษาพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบ

สรุปเงื่อนไขการอบที่เหมาะสม

**2. การพัฒนาระบบให้ความร้อนประสิทธิภาพสูง**

- พัฒนาหัวฉีดที่มีความสามารถถ่ายเทความร้อนและมวลสารที่สูง
- ศึกษาการถ่ายเทความร้อนของเจ็ทแบบเปิด-ปิดเป็นจังหวะ
- ศึกษาผลของการจัดรูปแบบหัวฉีด

**3. การพัฒนาต้นแบบของเครื่องอบแห้งระบบเจ็ทไหลปะทะ**

- ทดสอบอบผลิตภัณฑ์เกษตรใช้ระบบให้ความร้อนประสิทธิภาพสูง
- ศึกษารูปแบบการเรียงหัวฉีด การไหลของลมร้อนในตู้อบ และระบบการหมุนเวียนความร้อนกลับมาใช้ โดยโปรแกรม CFD
- พัฒนาต้นแบบตู้อบ ทดสอบใช้ และปรับปรุง
- ทดสอบใช้อบในอุตสาหกรรม

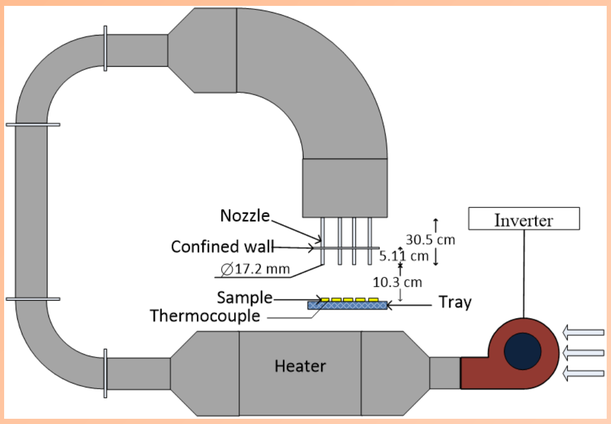
# การพัฒนาเทคโนโลยีเจ็ทไหลปะทะสำหรับใช้ในกระบวนการอบและให้ความร้อนในอุตสาหกรรมอาหาร

# Development of Jet Impingement Technology for Drying and Heating Processes in Food Industry

ทีมวิจัยวิศวกรรมอุณหภาพ-ของไหล

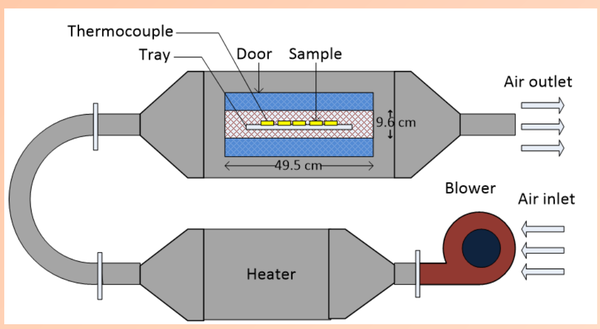
## ตู้อบที่ใช้ทดสอบ

### ตู้อบระบบเจ็ทไหลปะทะ



- ใช้ท่อเจ็ทขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน D=16.5 mm จำนวน 4x4 ท่อ วางเรียง S= 4D, H=6D พ่นไหลปะทะผลิตภัณฑ์ที่วางบนตะแกรงจากด้านบน

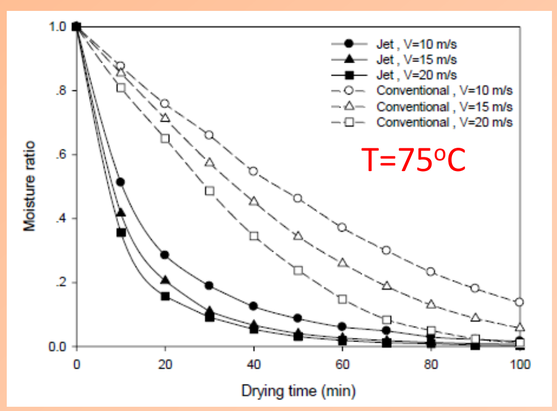
### ตู้อบแบบถาด

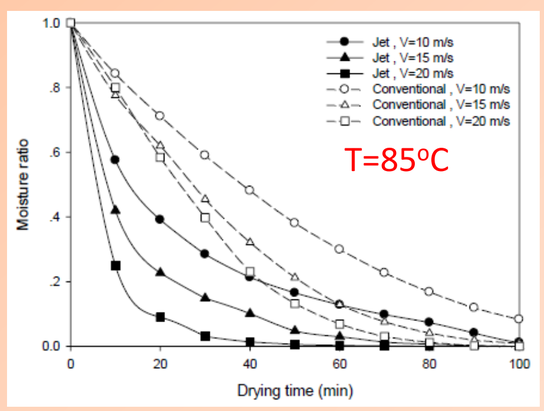


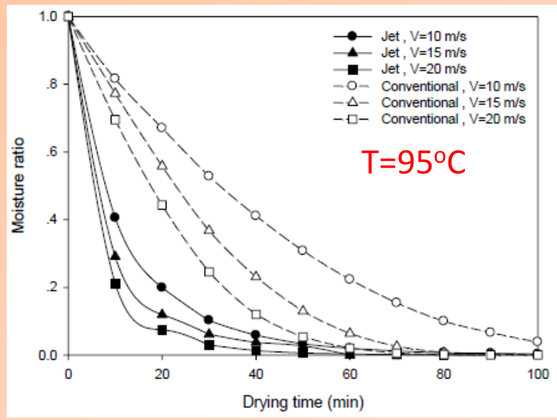
- ในการทดลองอบแต่ละเงื่อนไขอุณหภูมิกำหนดให้อัตราการไหลลมร้อนเท่ากัน

## ผลการทดสอบอบแห้ง

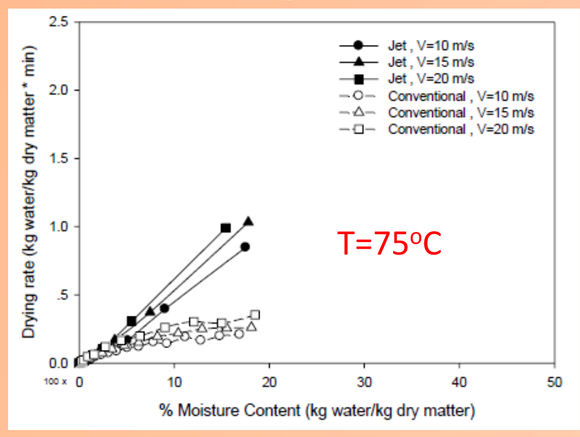
### เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนความชื้นระหว่างตู้อบระบบเจ็ทไหลปะทะกับตู้อบแบบถาดกรณีอบเห็ดนางฟ้า

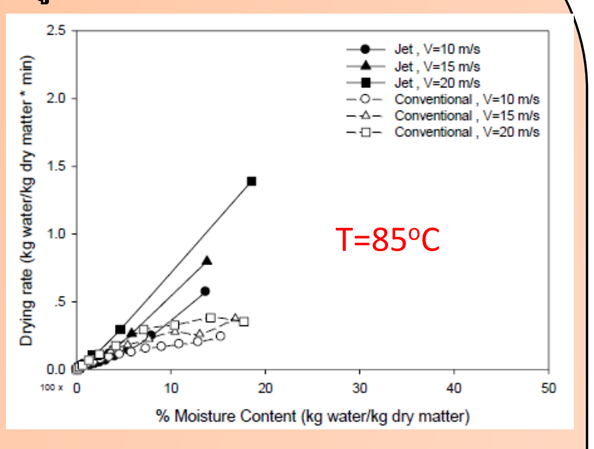


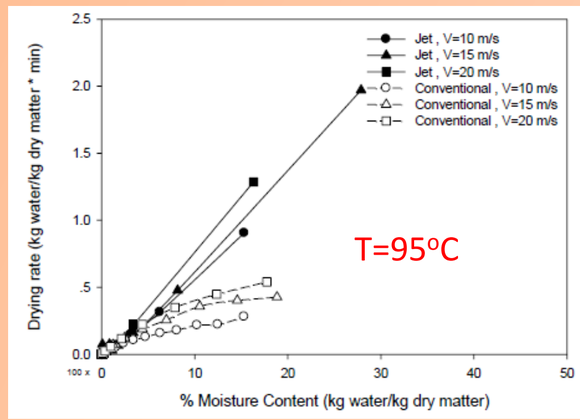



### เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการแห้งกับความชื้นระหว่างตู้อบระบบเจ็ทไหลปะทะกับตู้อบแบบถาด

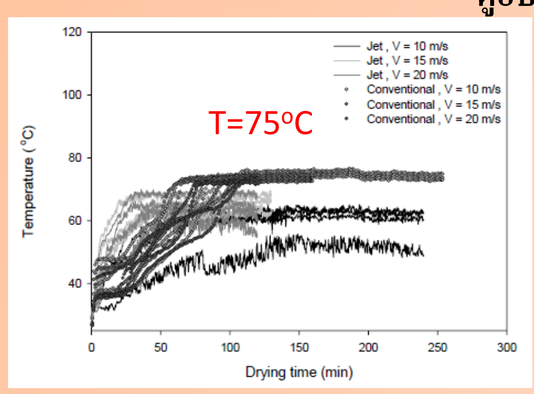


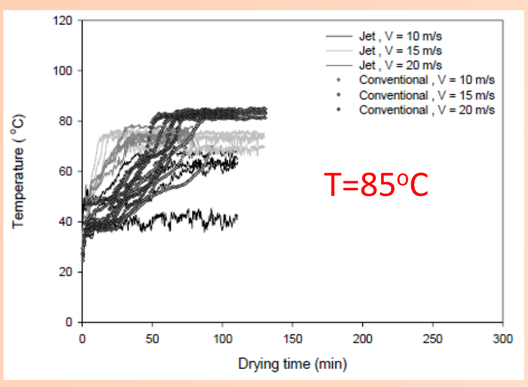



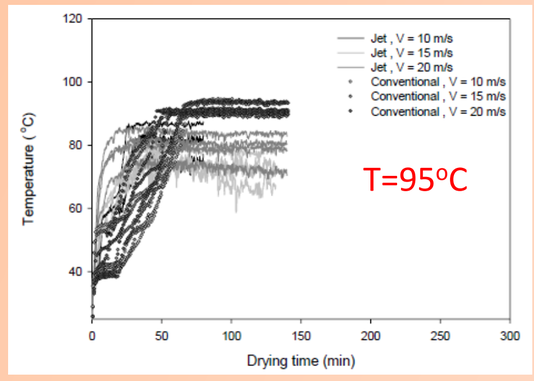




- ในช่วงแรกที่ความชื้นผลิตภัณฑ์สูง การใช้ตู้อบระบบเจ็ทไหลปะทะให้อัตราการอบแห้งที่สูงกว่าตู้อบแบบถาด แต่ในช่วงที่ความชื้นต่ำกว่า 500% ตู้อบทั้งสองระบบให้อัตราการอบแห้งใกล้เคียงกัน

### เปรียบเทียบอุณหภูมิภายในเนื้อผลิตภัณฑ์ระหว่างตู้อบระบบเจ็ทไหลปะทะกับตู้อบแบบถาด

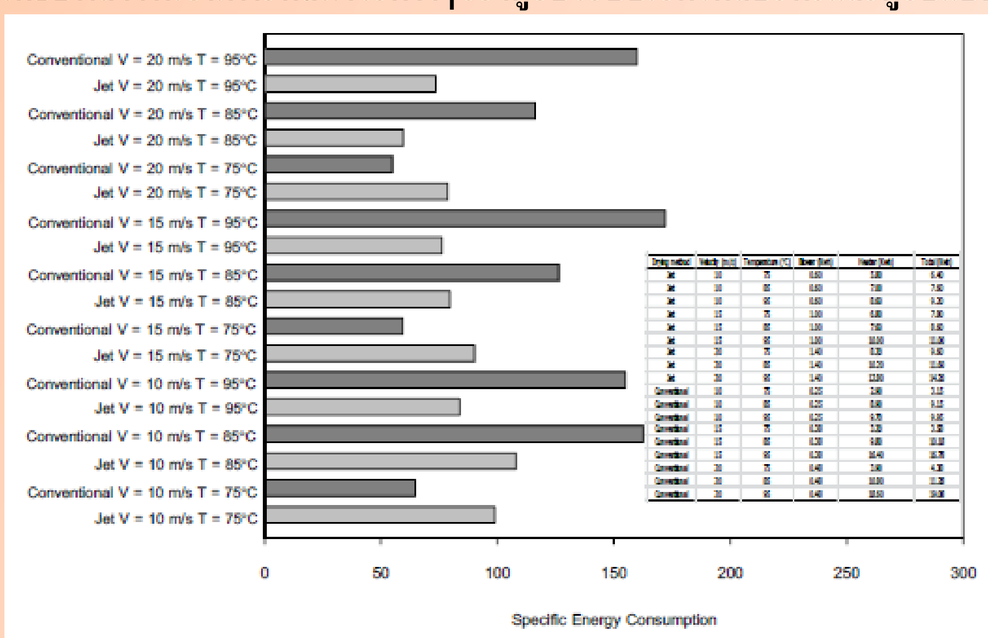



- ตู้อบระบบเจ็ทไหลปะทะสามารถเพิ่มอุณหภูมิในเนื้อผลิตภัณฑ์ได้เร็วกว่าตู้อบแบบถาด
- ตู้อบระบบเจ็ทไหลปะทะใช้พลังงานจำเพาะต่ำกว่าตู้อบแบบถาดในกรณีที่ใช้อุณหภูมิลมร้อนสูง T=85°C, 95°C

### เปรียบเทียบพลังงานจำเพาะที่สภาวะต่างๆของตู้อบระบบเจ็ทไหลปะทะและตู้อบแบบถาด



วิศวฯ ม.อ. วิชาการ งานวิจัยก้าวหน้า พัฒนาเทคโนโลยี

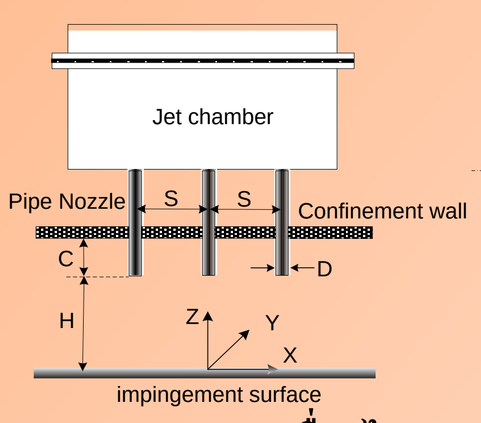
# การพัฒนาเทคโนโลยีเจ็ทไหลปะทะสำหรับใช้ในกระบวนการอบและให้ความร้อนในอุตสาหกรรมอาหาร

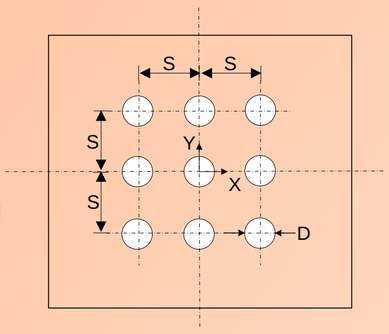
# Development of Jet Impingement Technology for Drying and Heating Processes in Food Industry

ทีมวิจัยวิศวกรรมอุณหภาพ-ของไหล

## ชุดทดลองศึกษาการถ่ายเทความร้อน

### โมเดลที่ใช้ในการทดลอง

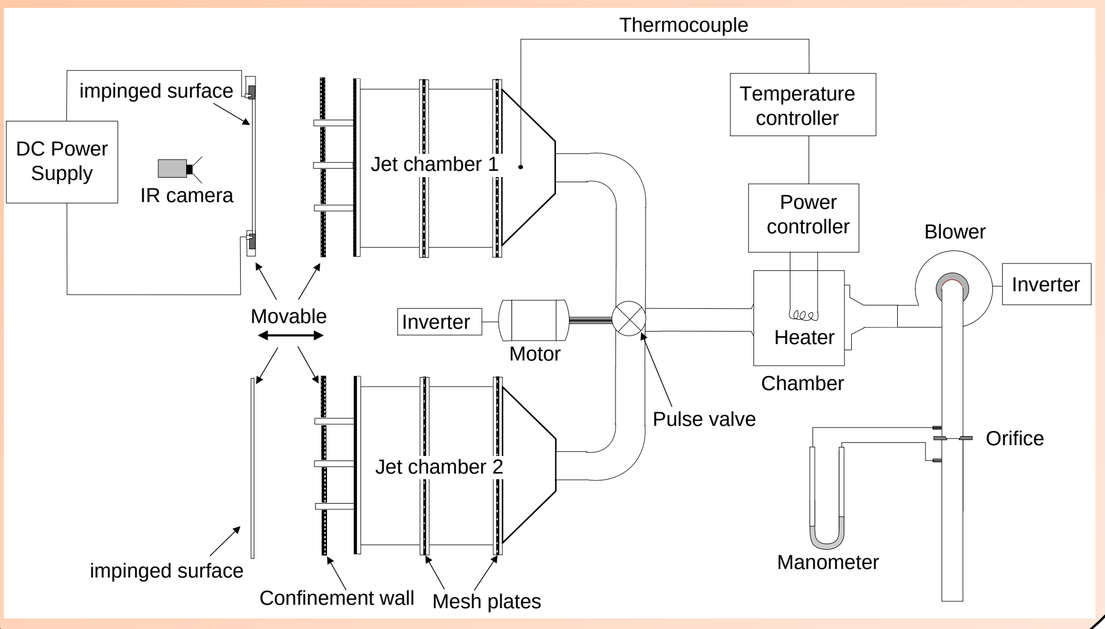



### เงื่อนไขการทดลอง

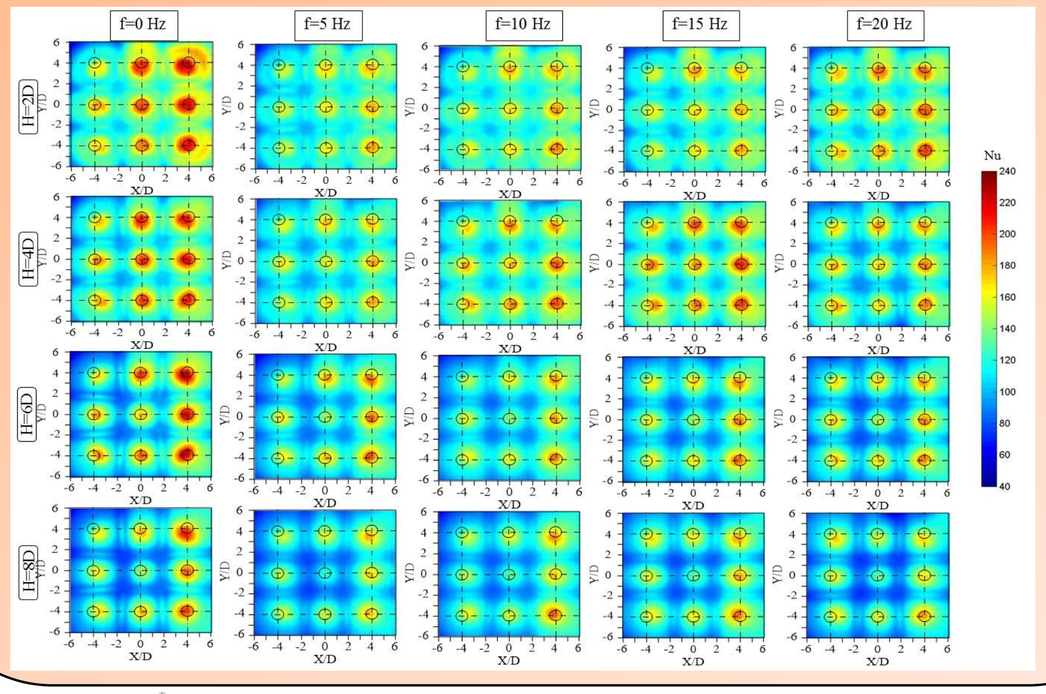
| Parameters | |
|---|---|
| **Nozzle diameter** | D=17.6 mm |
| **Reynolds number** | Re=20,000 |
| **Jet-to-jet distance** | S=2D, 4D, 6D, 8D |
| **Jet-to-plate distance** | H=2D, 4D, 6D, 8D |
| **Jet-to-confinement wall distance** | C=0D, 2D, 4D, 6D, 8D |
| **frequency** | f=0, 5 10, 15, 20 Hz |

### แผนภาพชุดทดลอง



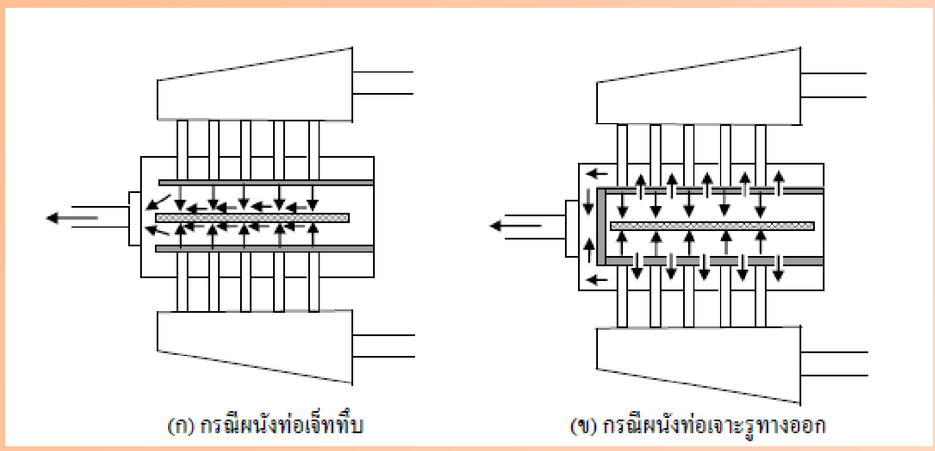

## ผลการศึกษา

### ผลของความถี่ในการสั่นของเจ็ท กรณี S=4D, C=4D

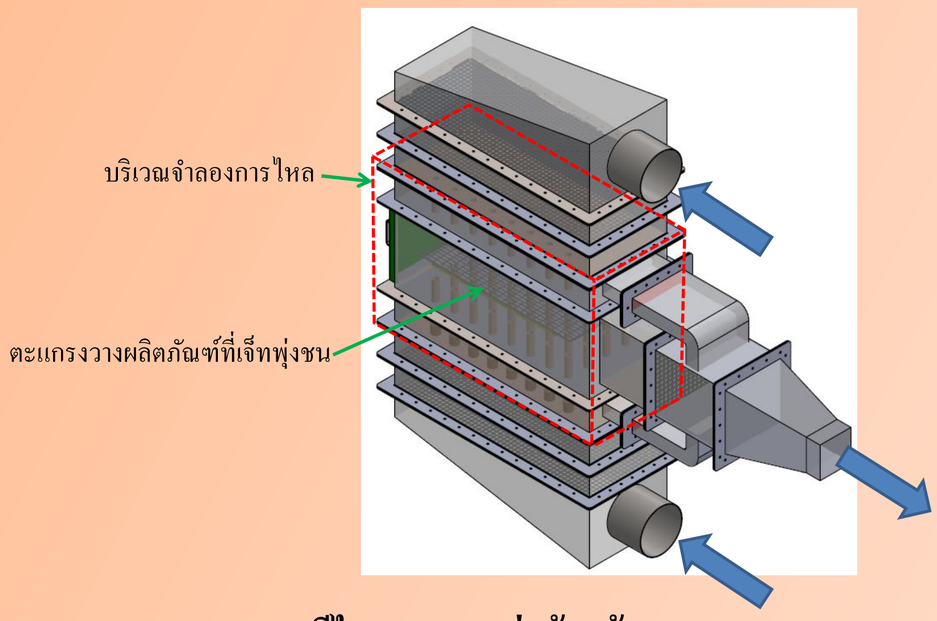



## การออกแบบเครื่องอบต้นแบบ

### รูปแบบเส้นทางการไหลของลมร้อนในตู้อบ

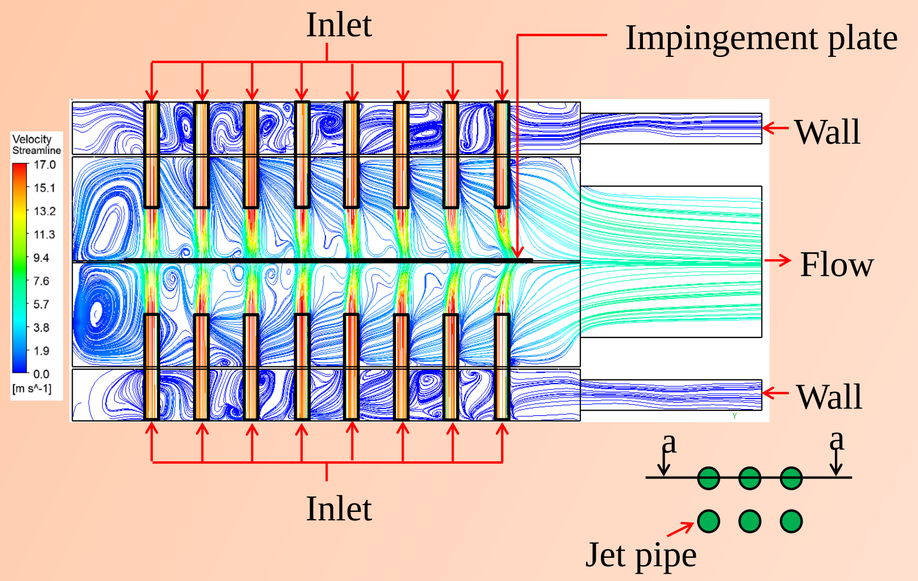



### ลักษณะตู้อบระบบเจ็ทไหลปะทะ






### กรณีไหลออกทางท่อด้านข้าง




### กรณีไหลออกทางรูบนผนังเจ็ท