

การศึกษาออกแบบเตาอบแห้งดอกคาโมมายล์ด้วยวิธีการจำลองการไหล
เชิงพลศาสตร์ สำหรับศูนย์พัฒนาโครงการหลวงสะโงะจังหวัดเชียงราย

A design study of Chamomile Drying Oven by
Computational Fluid Dynamics Method for Royal Project Foundation at Sa-Ngo

สยามพล ศรีหนา^{1*} และ อธิกร วงศธนวิรัตน์¹

¹ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร 10140

*ติดต่อ: เบอร์โทรศัพท์: +66 08 6230 0620,

E-mail: sayompon.sri@hotmail.com

บทคัดย่อ

ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงสะโงะ จังหวัดเชียงราย ส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกดอกคาโมมายล์ และดอก
เก๊กฮวย เป็นผลิตภัณฑ์หลัก ซึ่งทางศูนย์พัฒนาโครงการหลวงสะโงะ จะทำการรับซื้อผลผลิตสดแล้วนำมาอบแห้งเพื่อ
แปรรูปเป็นชาดอกคาโมมายล์ และชาดอกเก๊กฮวย ซึ่งในกระบวนการอบแห้งปัจจุบันใช้เตาอบแห้ง ขนาด 10 ชั้น
ซึ่งไม่มีการออกแบบด้านการไหลและการแลกเปลี่ยนความร้อนทางวิศวกรรมที่เหมาะสม ทำให้การกระจายตัวของ
อุณหภูมิและการไหลของอากาศภายในเตาอบไม่สม่ำเสมอ ระหว่างกระบวนการอบแห้งแต่ละครั้งจึงต้องเปิดเตา
เพื่อทำการสลับชั้นวางเพื่อให้ผลิตภัณฑ์แห้งโดยทั่วกัน ซึ่งสูญเสียทั้งความร้อนและสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงอย่างมาก ใน
งานวิจัยนี้จะทำการศึกษาออกแบบและปรับปรุง การกระจายตัวของอุณหภูมิและการไหลของลมร้อนในเตาอบแห้ง
ผลผลิตทางการเกษตรของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงสะโงะ โดยอาศัยการแลกเปลี่ยนความร้อนทางอ้อมในการ
สร้างอากาศร้อน และกำหนดตัวแปรการไหลที่เหมาะสมในกระบวนการอบแห้ง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของ
กระบวนการอบแห้งและการแลกเปลี่ยนความร้อน ลดความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและเวลาของกระบวนการอบแห้ง
การศึกษาออกแบบใช้เทคนิคการจำลองการไหลเชิงพลศาสตร์ (CFD) เพื่อศึกษาคุณลักษณะการกระจายตัวของ
อากาศภายในเตาอบแห้งที่สม่ำเสมอในแต่ละชั้น ซึ่งเตาอบมีขนาดภายในกว้าง 1 m ยาว 2 m และ สูง 1.6 m บรรจุ
ถาดได้ 10 ชั้น ที่ขนาดความสามารถในการอบ 60 กิโลกรัมเปียก เพื่อศึกษาความแม่นยำของผลที่ได้จาก
แบบจำลองการไหลเชิงพลศาสตร์ของอากาศภายในเตาอบแห้ง จะนำมาทำการออกแบบและสร้างเตาอบแห้งจำลอง
ซึ่งขนาดห้องอบกว้าง 0.4 m ยาว 0.6 m และ สูง 0.45 m บรรจุ 3 ชั้น เพื่อทำการทดลองวัดผลของการไหล
เปรียบเทียบกับผลการจำลองทางคณิตศาสตร์ พบว่าอากาศที่ไหลผ่านชั้นที่ 1, 2 และ 3 มีอัตราเร็วลมเฉลี่ยเท่ากับ
1.06 m/s, 3.09 m/s และ 0.77 m/s ตามลำดับ ซึ่งการวัดผลการทดลองในแต่ละชั้นแบ่งเป็น 25 จุด และ
เปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการจำลองทางคณิตศาสตร์ในตำแหน่งเดียวกัน พบว่าผลการศึกษาออกแบบที่ได้มี
ความแตกต่างกันน้อยกว่า 20 %

คำหลัก: การจำลองการไหลเชิงพลศาสตร์ / การอบแห้ง / การแลกเปลี่ยนความร้อนโดยอ้อม

CST-2028

Abstract

Sa-Ngo Royal Project Development Center at Chiang Rai Province supports farmers to plant Chamomile and Chrysanthemum in majority products. The Sa-Ngo Royal Project Development Center gathers the products from farmers to produce Chamomile tea and Chrysanthemum tea. Recently, drying process runs by the oven size of 10 trays. Basically, the oven was simply built without any engineering design that leads to high energy consumption and takes very long time for processing. During the drying process, they have to open the oven to rearrange the trays due to a big variation of temperature in the chamber. Therefore opening the door could drop the temperature in the chamber this needs more fuel in compensate. This research aimed to improve the distribution of the fluid flow and temperature a drying oven of Sa-Ngo Royal Project Development Center by using indirectly heat through a heat exchanger to generate hot air. The design study applied Computational Fluid Dynamics (CFD) technique to study the distribution of the air flow inside the oven to dry evenly on each tray. The oven dimension was 1 m long, 2 m wide and 1.6 m high with 10 trays of the oven size of 60 kilograms. The mathematical model would be verified by a modeled oven size of 0.4 m in length, 0.6 m in width and 0.45 m in height with 3 trays. The experimental measurements of the air velocity in 5x5 matrix nodes were compared with the simulation results. The results show that averagely velocity difference of simulation and experiment are less than 20 %.

Keywords: Computational Fluid Dynamics / Drying / Indirect Heating

1. บทนำ

ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงสะโงะ ตั้งอยู่บ้านดอยสะโงะ ต.ศรีดอนมูล อ.เชียงแสน จ.เชียงราย เป็นพื้นที่ที่อยู่ของชนเผ่าอาข่า ไทยลื้อ และคนเมือง ได้ก่อตั้งขึ้นเพื่อช่วยเหลือชาวบ้านที่มีชีวิตความเป็นอยู่ที่ยากจน โดยการส่งเสริมให้ปลูกพืชผักและไม้ดอกทดแทนการปลูกฝิ่น ภายในปีที่ผ่านมาศูนย์พัฒนาโครงการหลวงสะโงะได้มีการส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกดอกคาโมมายล์และดอกเก๊กฮวยกันมากขึ้น ซึ่งทางศูนย์พัฒนาโครงการหลวงสะโงะได้ทำการรับซื้อ และนำดอกสดมาอบแห้งเพื่อผลิตเป็นชาดอกคาโมมายล์และชาดอกเก๊กฮวย

ขั้นตอนในการอบแห้งดอกคาโมมายล์และดอกเก๊กฮวยมีดังต่อไปนี้ ดอกคาโมมายล์จะทำการอบแห้งครั้งละ 60 กิโลกรัมสด โดยใช้เวลาในการอบแห้งประมาณ 12 ชั่วโมง โดยแบ่งวิธีการอบแห้งเป็นสองช่วง คือ ช่วงแรกเป็นการอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง และช่วงที่สองเป็นการ

อบแห้งที่ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง ส่วนดอกเก๊กฮวยจะทำการอบแห้งทั้งหมดสองวิธี ดังนี้ วิธีแรก นำดอกเก๊กฮวยสด 60 กิโลกรัมสด ทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง วิธีที่สอง นำดอกเก๊กฮวยไปนึ่งเป็นเวลา 10 วินาที นำหนักที่อบแต่ละครั้งประมาณ 60 กิโลกรัม แล้วหลังจากนั้นจึงนำมาอบแห้งต่ออีก 24 ชั่วโมง

แต่เตาอบแห้งปัจจุบันที่ออกแบบสร้างขึ้นอย่างง่ายขาดการออกแบบด้านการไหลและการแลกเปลี่ยนความร้อนที่เหมาะสม ทำให้การกระจายตัวของอุณหภูมิและการไหลของอากาศภายในเตาอบไม่สม่ำเสมอ ทำให้การแห้งไม่สม่ำเสมอในแต่ละชั้น จึงต้องเปิดเตาในขณะอบแห้งเพื่อสลับถาด เป็นเหตุให้สูญเสียความร้อน สิ้นเปลืองพลังงาน และส่งผลต่อต้นทุนและระยะเวลาการอบเป็นอย่างมาก

เทคนิคการจำลองการไหลเชิงพลศาสตร์ (Computational Fluid Dynamic, CFD) ที่ใช้ศึกษาพฤติกรรมมวลการไหลของอากาศ และศึกษาการกระจาย-

CST-2028

ตัวของอุณหภูมิ เพื่อออกแบบเตาอบแห้ง เช่น ใช้การจำลองการเคลื่อนที่ของอากาศในเตาอบแห้งผลไม้ [1,2] ศึกษาการกระจายตัวของอากาศใช้จำลองการไหลของอากาศในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอากาศไหลเวียนโดยธรรมชาติ [3] ศึกษาลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิ โดยเพิ่มการกระจายของอุณหภูมิภายในเตาอบให้ทั่วทั้งห้องอบเปรียบเทียบความแม่นยำกับการจำลองการไหลเชิงพลศาสตร์ [4] ใช้การจำลองพลศาสตร์การไหลของอากาศและการกระจายของอุณหภูมิ เพื่อคั้นหารายละเอียดต่าง ๆ เพื่อใช้ในการสร้างห้องอบ [5] และศึกษาเปรียบเทียบการอบแห้งผลผลิตทางการเกษตรโดยใช้เทคนิคการอบแห้งต่าง ๆ กัน [6] จากการศึกษาปัญหาและงานวิจัยที่ผ่านมา งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาออกแบบพัฒนาประสิทธิภาพของเตาอบโดยใช้เทคนิคการจำลองการไหลเชิงพลศาสตร์ (CFD) เพื่อออกแบบและตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองโดยการเปรียบเทียบกับผลการทดลองในเตาอบแห้งจำลอง เพื่อทำการทดลองวัดผลของการไหลเปรียบเทียบกับผลการจำลองทางคณิตศาสตร์

2. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ในการศึกษาผลการทดลอง ได้ทำการจำลองเตาอบแห้งของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงสะโงะที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ดังแสดงในรูปที่ 1 ภายในเตาอบกว้าง 1 m ยาว 2 m และสูง 1.6 m บรรจุถาดได้ 10 ชั้น มีพัดลมระบายอากาศ และพัดลมหมุนเวียนอากาศแต่ละตัวขนาด 30 วัตต์ ดังแสดงในรูปที่ 2

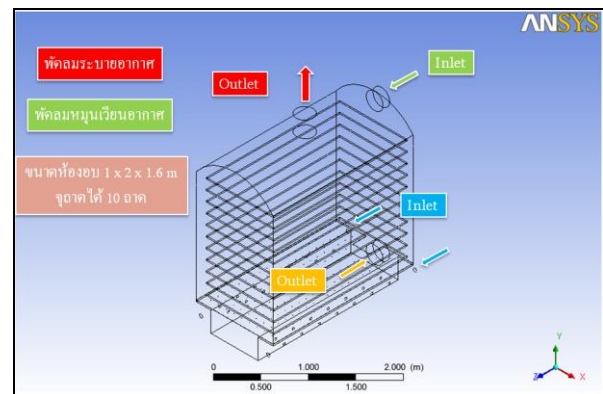


รูปที่ 1 เตาอบแห้งของศูนย์โครงการหลวงสะโงะ



รูปที่ 2 พัดลมระบายและหมุนเวียนอากาศ

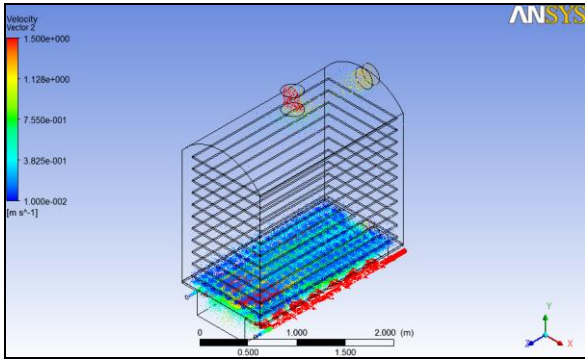
ซึ่งผลที่ได้จากแบบจำลองการไหลเชิงพลศาสตร์ของอากาศภายในเตาอบแห้งเดิม ดังแสดงในรูปที่ 3 จะนำมาใช้ศึกษาข้อบกพร่องและทำการกำหนดแบบเตาอบแห้งใหม่ และใช้วิธีคำนวณทางคณิตศาสตร์และการกำหนดตัวแปรออกแบบในการสร้างเตาอบแห้งจำลอง



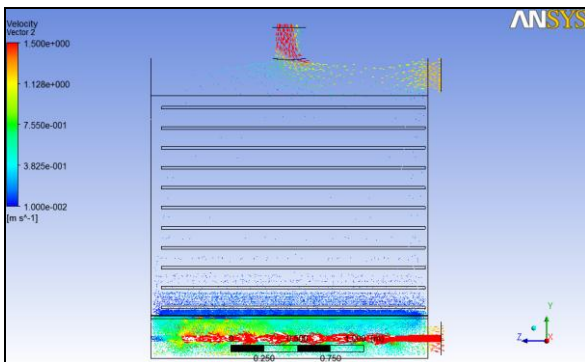
รูปที่ 3 แบบจำลองเตาอบศูนย์โครงการหลวงสะโงะ

นำผลที่ได้จากการจำลองแสดงในรูปของ Velocity vector ซึ่งหัวลูกศรแสดงทิศทางการไหลของอากาศ และสีของลูกศรแสดงขนาดความเร็วของอากาศ โดยผลการจำลองการไหลของอากาศภายในเตาอบแห้งของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงสะโงะ แสดงดังรูปที่ 4 และ 5 จากผลการจำลอง พบว่า การกระจายตัวของอากาศภายในเตาอบมีความไม่สม่ำเสมอเป็นอย่างมากซึ่งสอดคล้องกับการเก็บข้อมูลในเตาที่ได้จากการวัดจริง เนื่องมาจากการติดตั้งพัดลมระบายอากาศไม่ได้ออกแบบให้อากาศไหลผ่านแต่ละชั้นของห้องอบได้อย่างทั่วถึง

CST-2028

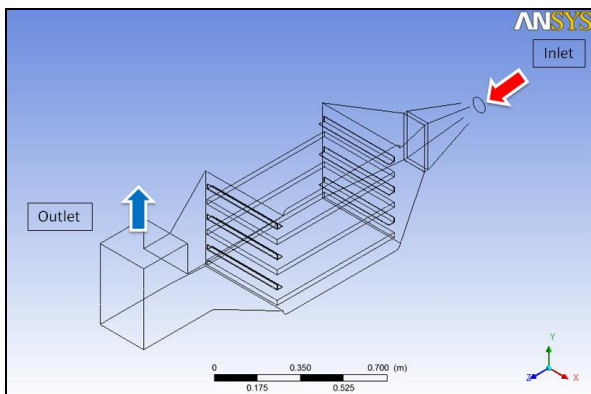


รูปที่ 4 แสดงผลการจำลองเตาอบแห้งแบบสามมิติของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงสะโงะ



รูปที่ 5 แสดงผลการจำลองเตาอบแห้งทางด้านข้างของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงสะโงะ

จากการจำลองการไหลเชิงพลศาสตร์ของอากาศภายในเตาอบแห้งเดิม ได้นำตัวแปรที่ศึกษามาออกแบบเตาอบแห้งจำลอง ขนาดห้องอบกว้าง 0.4 m ยาว 0.6 m และสูง 0.45 m บรรจุถาดได้ 3 ชั้น ดังแสดงในรูปที่ 6 เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองก่อนทำงานสร้างเตาขนาดใหญ่ในการใช้งานจริงขนาด 60 กิโลกรัมสด



รูปที่ 6 แบบจำลองเตาอบแห้งจำลอง

3. เงื่อนไขขอบเขตในการจำลองการไหลเชิงพลศาสตร์ด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์

งานวิจัยนี้ใช้การจำลองการไหลเชิงพลศาสตร์ด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์ ภายใต้สภาวะคงตัว (Steady State) สมการควบคุม (Governing Equation) ใช้สมการการไหลแบบปั่นป่วน โดยใช้แบบจำลอง $k-\epsilon$ แบบมาตรฐาน จะถูกนำมาใช้ในการคำนวณร่วมกับสมการอนุรักษ์มวล และสมการอนุรักษ์โมเมนตัม การกำหนดค่าคุณสมบัติอากาศ และเงื่อนไขขอบเขตของเตาอบแห้งของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงสะโงะ และของเตาอบแห้งจำลอง ดังตารางที่ 1 และ 2

ตารางที่ 1 แสดงค่าเงื่อนไขขอบเขตเตาอบเดิม

ชนิด	เงื่อนไขขอบเขต	
	อัตราการไหลของอากาศ (kg/s)	อุณหภูมิ (°C)
1.อากาศออกจากห้องอบ	0.056	-
2.อากาศเข้าสู่ห้องอบ	0.056	27
3.ระบบหมุนเวียนอากาศ	0.048	-

ตารางที่ 2 แสดงค่าเงื่อนไขขอบเขตเตาอบแห้งจำลอง

ชนิด	เงื่อนไขขอบเขต	
	อัตราการไหลของอากาศ (kg/s)	อุณหภูมิ (°C)
1.อากาศออกจากห้องอบ	0.1375	30
2.อากาศเข้าสู่ห้องอบ	0.1375	-

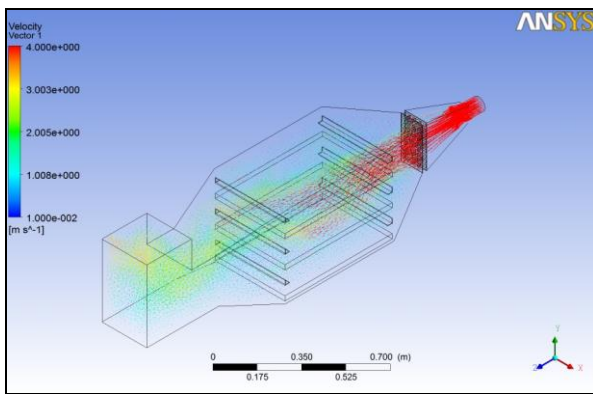
4. ผลการศึกษาทดลอง

4.1 ผลการจำลองเชิงตัวเลข

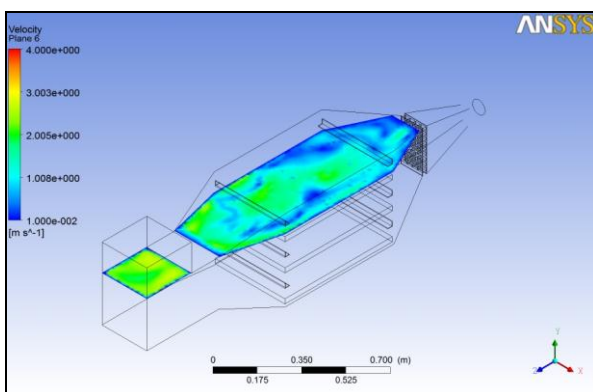
ในการศึกษาออกแบบปรับปรุงการไหลของอากาศภายในเตาโดยเน้นการกระจายตัวอากาศแต่ละ

CST-2028

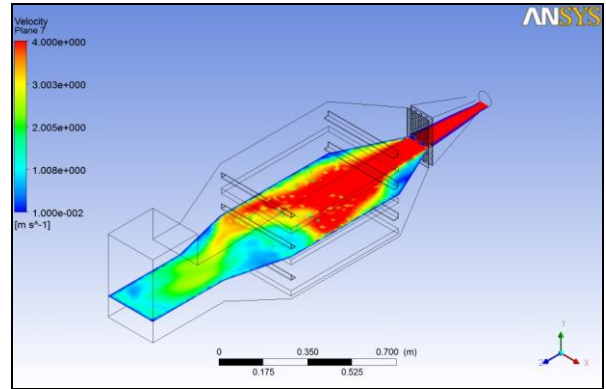
ชั้นให้มีความสม่ำเสมอมากที่สุด โดยใช้การคำนวณเชิงตัวเลขแบบเดียวกันเพื่อออกแบบเตาจำลองในการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแปรออกแบบ คือ การกระจายตัวของเวกเตอร์ความเร็ว ระยะห่างระหว่างชั้นที่เหมาะสม ขนาดของเตา และ มุมเข้าของอากาศโดยการปรับมุมครีป ผลการจำลองการไหลของอากาศภายในเตาอบแห้งจำลองโดยแสดงในรูปของเวกเตอร์ความเร็ว ดังแสดงในรูปที่ 7 พบว่า การกระจายตัวของอากาศภายในเตาอบแห้งชั้นที่ 1 มีอัตราเร็วของอากาศกระจายตัวอยู่ในช่วง 0.42-2.01 m/s ดังแสดงในรูปที่ 8 ชั้นที่ 2 มีอัตราเร็วของอากาศกระจายตัวอยู่ในช่วง 0.93-6.29 m/s ดังแสดงในรูปที่ 9 และ ชั้นที่ 3 มีอัตราเร็วของอากาศกระจายตัวอยู่ในช่วง 0.31-1.66 m/s ดังแสดงในรูปที่ 10



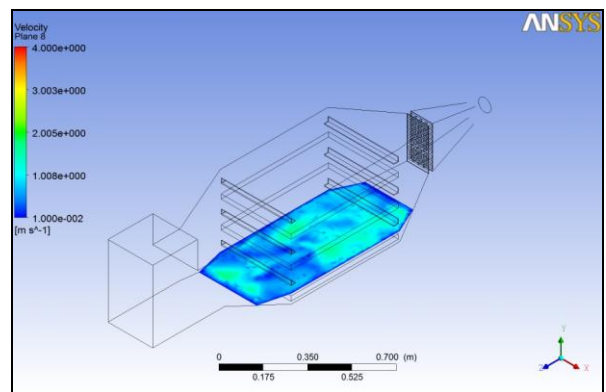
รูปที่ 7 แสดงผลการจำลองการไหลของเตาจำลอง



รูปที่ 8 แสดงผลการกระจายตัวของอากาศในชั้นที่ 1



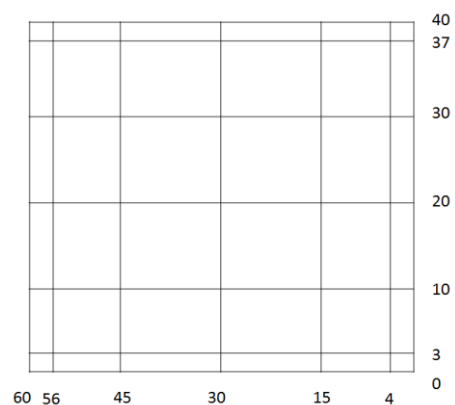
รูปที่ 9 แสดงผลการกระจายตัวของอากาศในชั้นที่ 2



รูปที่ 10 แสดงผลการกระจายตัวของอากาศในชั้นที่ 3

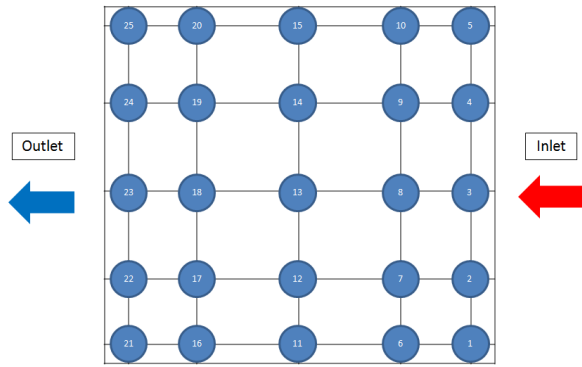
4.2 เปรียบเทียบผลการทดลอง

การเปรียบเทียบผลการจำลองการไหลของอากาศกับอัตราเร็วลมภายในเตาอบแห้งที่ได้จากการวัดจริง ซึ่งตำแหน่งที่ทำกรวัดอัตราเร็วลมแบ่งออกเป็นจุด (Node) ทั้งหมด 25 จุด ดังแสดงในรูปที่ 11 และ 12



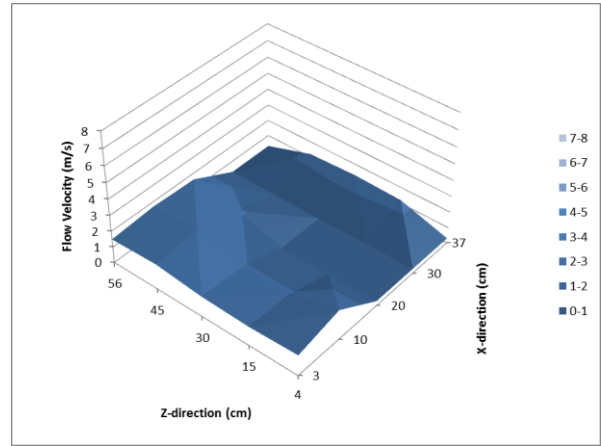
รูปที่ 11 แสดงการแบ่งตำแหน่งการวัดอัตราเร็วลม

CST-2028

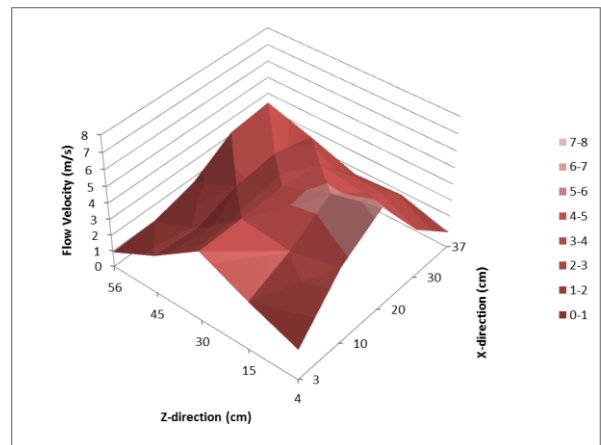


รูปที่ 12 แสดงตำแหน่งการวัดอัตราเร็วลม

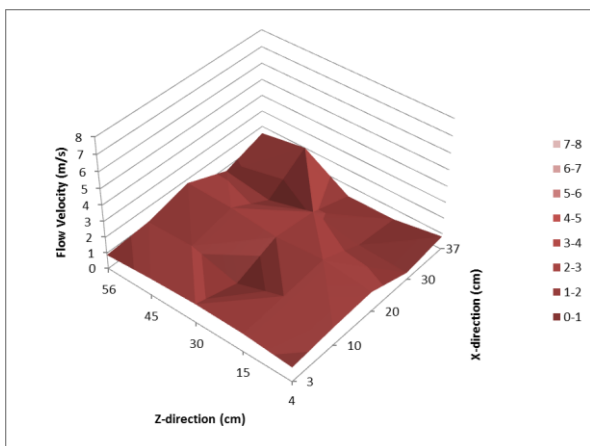
จากผลการจำลองการไหลของอากาศด้วยการคำนวณทางคณิตศาสตร์ในตำแหน่งเดียวกันกับจุดที่ทำการวัดค่าผลการทดลองนำมาเปรียบเทียบกับอัตราเร็วลมภายในเตาอบแห้งของแต่ละชั้นที่ได้จากการทดลอง พบว่าอัตราเร็วของอากาศเฉลี่ยในชั้นที่ 1 จากผลการจำลองเท่ากับ 1.06 m/s และ จากการวัดจริงเท่ากับ 0.96 m/s ดังแสดงในรูปที่ 13 และ 14 ตามลำดับ ในชั้นที่ 2 อัตราเร็วของอากาศเฉลี่ยจากผลการจำลองเท่ากับ 3.09 m/s และจากการวัดจริงเท่ากับ 2.82 m/s ดังแสดงในรูปที่ 15 และ 16 ตามลำดับ และในชั้นที่ 3 อัตราเร็วของอากาศเฉลี่ยจากผลการจำลองเท่ากับ 0.77 m/s จากการวัดจริงเท่ากับ 0.92 m/s ดังแสดงในรูปที่ 17 และ 18 ตามลำดับ



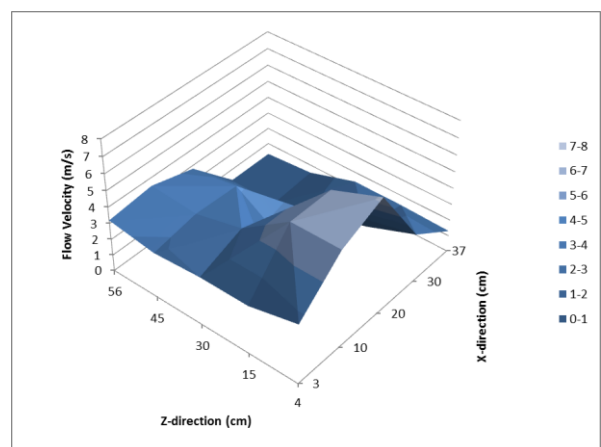
รูปที่ 14 แสดงการผันแปรของอัตราเร็วลมบนพื้นผิวจากการทดลองของชั้นที่ 1



รูปที่ 15 แสดงการผันแปรของอัตราเร็วลมบนพื้นผิวจากการจำลองการไหลของชั้นที่ 2

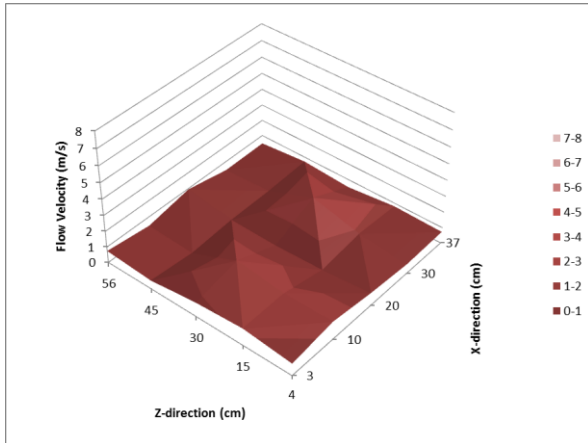


รูปที่ 13 แสดงการผันแปรของอัตราเร็วลมบนพื้นผิวจากการจำลองการไหลของชั้นที่ 1

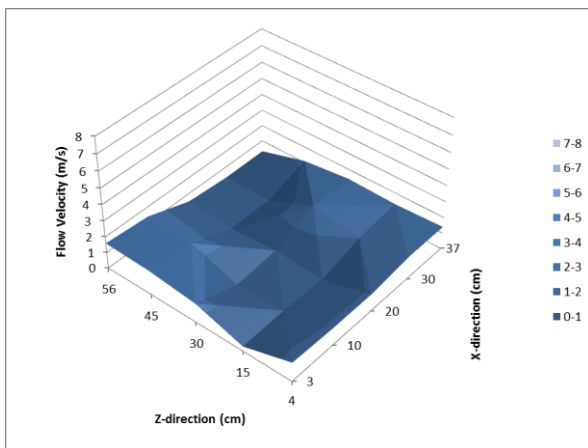


รูปที่ 16 แสดงการผันแปรของอัตราเร็วลมบนพื้นผิวจากการทดลองของชั้นที่ 2

CST-2028



รูปที่ 17 แสดงการผันแปรของอัตราเร็วลมบนพื้นผิวจากการจำลองการไหลของชั้นที่ 3



รูปที่ 18 แสดงการผันแปรของอัตราเร็วลมบนพื้นผิวจากการทดลองของชั้นที่ 3

5. สรุป

การศึกษาออกแบบโดยใช้เทคนิคการจำลองการไหลเชิงพลศาสตร์ เพื่อศึกษาพฤติกรรมการไหลของอากาศภายในเตาอบแห้งของทางศูนย์พัฒนาโครงการหลวงสะโงะ ซึ่งภายในเตาอบแห้งมีขนาดกว้าง 1 m ยาว 2 m และสูง 1.6 m บรรจุถาดได้ 10 ชั้น และสามารถทำการอบแห้งได้ครั้งละ 60 กิโลกรัมสด เพื่อศึกษาความแม่นยำของแบบจำลองการไหลเชิงพลศาสตร์ของอากาศภายในเตาอบแห้ง ผลที่ได้จะนำมาทำการออกแบบและสร้างเตาอบแห้งจำลอง ซึ่งขนาดภายในห้องอบกว้าง 0.4 m ยาว 0.6 m และสูง 0.45 m บรรจุถาดได้ทั้งหมด 3 ชั้น และทำการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการจำลองทางคณิตศาสตร์

และผลที่ได้จากการวัดจริงในตำแหน่งเดียวกัน ซึ่งการวัดผลการทดลองในแต่ละชั้นแบ่งเป็น 25 จุด พบว่าผลการศึกษาออกแบบที่ได้มีความแตกต่างกันน้อยกว่า 20 % ซึ่งแบบจำลองที่ได้จะนำไปออกแบบเตาขนาด 60 กิโลกรัม สำหรับใช้งานจริงต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ศูนย์วิศวกรรมอุณหภาพ และ สำนักงานโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี สำหรับการสนับสนุนการวิจัย และ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงฯ สะโงะ จังหวัด เชียงราย ในการสนับสนุนให้ดำเนินการศึกษาวิจัยนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Amanlou, Y. and Zomorodian, A. (2010). Applying CFD for designing a new fruit cabinet dryer, *Journal of Food Engineering* 101 (2010), pp.8-15.
- [2] Mathioulakis, E., Karathanos, V.T. and Belessiotis, V.G. (1998). Simulation of Air Movement in a Dryer by Computational Fluid Dynamics: Application for the Drying of Fruits, *Journal of Food Engineering* 36 (1998), pp.183-200.
- [3] ประเมินทร์ มาลีหวล (2554). การจำลองการไหลของอากาศในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดย CFD, *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี*, ตุลาคม 2554, หน้า 67-75
- [4] Jacek Smolka, Andrzej J. Nowak and Dawid Rybarz 2010. Improved 3-D temperature uniformity in a laboratory drying oven based on experimentally validated CFD computations, *Journal of Food Engineering* 97 (2010), pp.373-383.

CST-2028

[5] Rabin Tongruk (2009), Numerical Simulation of Air Flow and Temperature Distribution in Yarn Drying Room, *A Special Research Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Engineering (Chemical Engineering) Faculty of Engineering King Mongkut's University of Technology Thonburi.*

[6] เพชรรัตน์ ใจบุญ, อติศักดิ์ นาถกรณกุล และ สมชาติ โสภณรณฤทธิ์ (2550). การศึกษาเปรียบเทียบการอบแห้งลำไยด้วยเทคนิคต่างๆ, การประชุมวิชาการด้านพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ ครั้งที่ 1, คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี