

โครงการคณิตศาสตร์

เรื่อง โครงสร้างหลังคาทางเรขาคณิตของตึ้อบตึ่มชำ
ที่กระจายความร้อนได้ดีที่สุด

โดย

- | | |
|---------------------|-----------------|
| 1. นายชินพัทธ์ | ฤทธิมา |
| 2. นางสาวกัญญาพัชญ์ | พณินันท์โชติกุล |
| 3. นางสาวปณิตตา | ทินประภา |

ครูที่ปรึกษาโครงการ นายบัญชา แก้วเอี่ยม และ นางสาวเกวลิน เสน่หา

โรงเรียนสภาราชินี จังหวัดตรัง สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาตรัง กระบี่

รายงานฉบับนี้เป็นส่วนประกอบของโครงการคณิตศาสตร์
ประเพณีบูรณาการความรู้ในคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
เนื่องในการแข่งขันงานสัปดาห์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ ประจำปี 2568
ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี

ชื่อโครงการ	โครงสร้างหลังคาทางเรขาคณิตของตู้อบต้มข้าวที่กระจายความร้อนได้ดีที่สุด	
ผู้จัดทำโครงการ	1. นายชินพัทธ์ ฤทธิมา	
	2. นางสาวภิญญาพัชญ์ พงพัฒน์นันทโชติกุล	
	3. นางสาวปณิศา ทินประภา	
ครูที่ปรึกษาโครงการ	นายบัญชา แก้วเอียน	
	นางสาวเกวลิณ เสน่หา	
ระดับชั้น	มัธยมศึกษาตอนปลาย	
ประเภทโครงการ	บูรณาการความรู้ในคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้	

บทคัดย่อ

โครงการคณิตศาสตร์ เรื่อง โครงสร้างหลังคาทางเรขาคณิตของตู้อบต้มข้าวที่กระจายความร้อนได้ดีที่สุดมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการกระจายความร้อนของตู้อบต้มข้าวหลังคาทรงเรขาคณิตแบบต่าง ๆ คณะผู้จัดทำได้ประยุกต์ใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์เรื่องเรขาคณิตสามมิติและแคลคูลัส ในการออกแบบและคำนวณพื้นที่ผิวและปริมาตร โดยสร้างแบบจำลองตู้อบต้มข้าวที่มีตัวตู้อบต้มข้าวเป็นทรงปริซึมสี่เหลี่ยมจัตุรัส และทำการเปรียบเทียบรูปทรงหลังคา 4 รูปแบบ ได้แก่ พีระมิดฐานสี่เหลี่ยมจัตุรัส ปริซึมฐานสามเหลี่ยม พีระมิดหังกยอดตัด 2 ชั้น และ ทรงโค้งพาราโบลาพบว่า การทดลองได้ควบคุมตัวแปรโดยกำหนดให้หลังคาทุกรูปแบบมีปริมาตรเท่ากันทั้งหมด โดยจำลองแหล่งกำเนิดความร้อนด้วยหลอดไฟไส้ติดตั้งบริเวณกึ่งกลางของตู้ชั้นล่างสุด และทำการวัดอุณหภูมิในแต่ละชั้นทั้งหมด 3 ชั้น เพื่อวิเคราะห์ความสม่ำเสมอของการกระจายความร้อน

ผลการทดลองพบว่า โครงสร้างหลังคาทรงโค้งพาราโบลาความีประสิทธิภาพในการกระจายความร้อนได้ดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับรูปทรงอื่น ๆ จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการออกแบบรูปทรงหลังคาที่เหมาะสมสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกระจายความร้อนภายในตู้อบต้มข้าวทำให้ต้มข้าวสุกมีอุณหภูมิที่เหมาะสมแก่การรับประทาน

คำสำคัญ: 1. โครงสร้างหลังคา, 2. การกระจายความร้อน

กิตติกรรมประกาศ

โครงการเรื่อง โครงสร้างหลังคาทางเรขาคณิตของตู้อบต้มข้าวที่กระจายความร้อนได้ดีที่สุด เป็นโครงการที่ประกอบด้วยกระบวนการดำเนินงานหลายขั้นตอน ตั้งแต่การศึกษาค้นคว้าข้อมูล การทดลองและพิสูจน์ทางทฤษฎี การตรวจสอบและแก้ไขข้อมูลตลอดจนการจัดทำรายงานโครงการให้สมบูรณ์ จนกระทั่งโครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ตลอดระยะเวลาการดำเนินงาน คณะผู้จัดทำได้รับความช่วยเหลือ คำแนะนำ และแรงบันดาลใจจากหลายท่าน ซึ่งล้วนมีส่วนสำคัญต่อความสำเร็จของโครงการเล่มนี้ คณะผู้จัดทำจึงขอแสดงความซาบซึ้งและขอบคุณในความกรุณาและการสนับสนุนจากทุกท่านมา ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณครูบัญชา แก้วเอี่ยม และครูเกวณีน เสน่หา ครูที่ปรึกษาโครงการจากกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสมรราชินี จังหวัดตรัง ทุกท่านที่ได้กรุณาให้ความช่วยเหลือให้คำปรึกษาแนะนำแนวคิด วิธีการ และสละเวลาอันมีค่าแก้ไขข้อบกพร่องของเนื้อหาโดยตลอด พร้อมทั้งเป็นกำลังใจให้เสมอมา

ท้ายที่สุดนี้ ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ ผู้ปกครอง และขอบคุณเพื่อนๆ ที่ได้ให้คำปรึกษาในเรื่องต่างๆ เกี่ยวกับโครงการเล่มนี้ด้วย

ผู้จัดทำ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	ง
สารบัญรูปภาพ	จ
บทที่ 1 บทนำ	
ที่มาและความสำคัญ	1
วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
ขอบเขตของการศึกษา	1
สมมติฐาน	2
นิยามศัพท์เฉพาะ	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	9
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน	15
บทที่ 5 สรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะ	19
บรรณานุกรม	21
ภาคผนวก	22

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า	
3.1	ขนาดของตู้อบต้มฆ่า	10
3.2	ขนาดหลังคาตู้อบต้มฆ่าที่ควบคุมพื้นที่ผิวแต่ละแบบของแบบจำลอง	13
4.1	อุณหภูมิภายในตู้อบต้มฆ่าที่มีชั้นวาง	16
4.2	อุณหภูมิภายในตู้อบต้มฆ่าที่ไม่มีชั้นวาง	17
4.3	ตารางเปรียบเทียบเวลาที่หลังคาแต่ละชนิดทำให้อุณหภูมิขึ้นแรกถึง 70°C แบบมีชั้นวาง	18

สารบัญรูปภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1	พีระมิดหักงอยอดตัด 2 ชั้น
3.1	พีระมิดฐานสี่เหลี่ยมจัตุรัส
3.2	ปริซึมสามเหลี่ยม
3.3	พีระมิดหักงอยอดตัด 2 ชั้น
3.4	ทรงพาราโบลาคว่ำ
3.5	กราฟพาราโบลาคว่ำ
4.1	แสดงตำแหน่งการวัดอุณหภูมิบริเวณต่างๆ

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

“ต้มชำ” เป็นหนึ่งในอาหารเอกลักษณ์ประจำจังหวัดตรังที่ผู้คนมักจะให้ความสำคัญในการรับประทานเป็นอาหารเช้า เนื่องจากใช้เวลาในการรับประทานน้อยทำให้ผู้คนส่วนใหญ่เลือกที่จะรับประทานต้มชำเป็นหลัก เพราะผู้คนมักเร่งรีบในการไปทำงานจึงทำให้ต้มชำเป็นที่นิยมมากในจังหวัดตรัง

แต่ในปัจจุบันการให้บริการต้มชำกลับมีจุดบกพร่อง นั่นคือ ผู้บริโภคมักพุดคุยปัญหาเกี่ยวกับต้มชำ เนื่องจากต้มชำมีอุณหภูมิที่ต่ำส่งผลทำให้รสชาติของต้มชำแย่ลง ทำให้ผู้บริโภคไม่พึงพอใจ โดยสาเหตุหลักของปัญหาดังกล่าวมาจากการกระจายความร้อนภายในตู้อบต้มชำที่ไม่สม่ำเสมอ และมีบริเวณบางจุดภายในตู้อบต้มชำที่ได้รับความร้อนอย่างไม่ทั่วถึง ส่งผลให้คุณภาพและรสชาติของต้มชำเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย อีกทั้งผู้บริโภคมักประสงค์ที่จะรับประทานต้มชำที่มีอุณหภูมิสูงมากกว่าต้มชำที่มีอุณหภูมิต่ำ ซึ่งความเย็นชืดของอาหารนี้นอกจากจะทำให้เสน่ห์ของต้มชำลดลงแล้ว ยังส่งผลให้ผู้บริโภคประเมินว่าไม่คุ้มค่ากับราคาที่จ่ายไป คณะผู้จัดทำจึงเล็งเห็นว่าการพัฒนาภาชนะหรือตู้อบให้สามารถรักษาความร้อนได้อย่างทั่วถึง จะเป็นกุญแจสำคัญในการยกระดับมาตรฐานความอร่อย และสร้างความประทับใจให้แก่ผู้มาเยือนได้

ทางคณะผู้จัดทำจึงมีความสนใจที่จะแก้ไขปัญหานี้ผ่านการศึกษาและเปรียบเทียบโครงสร้างหลังคาของตู้อบต้มชำ ว่าหลังคาแบบไหนจะทำให้ความร้อนภายในตู้อบต้มชำกระจายได้ดีที่สุด เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาการกระจายความร้อนของตู้อบต้มชำหลังคาทรงเรขาคณิตแบบต่าง ๆ

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

- 1.3.1 ปริซึมฐานสามเหลี่ยม
- 1.3.2 พีระมิตฐานสี่เหลี่ยมจัตุรัส
- 1.3.3 พีระมิตหึ่งยอดตัด
- 1.3.4 พาราโบลา
- 1.3.5 แคลคูลัส

1.4 สมมติฐาน

ถ้ารูปทรงของหลังคาตูบติมชำ มีผลทำให้การกระจายความร้อนภายในตูบติมชำ
ดังนั้น ถ้ารูปทรงหลังคามีลักษณะที่แตกต่างกัน จะทำให้การกระจายความร้อนภายในตูบติมชำ
แตกต่างกัน

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

ตูบติมชำ หมายถึง ภาชนะหรืออุปกรณ์ที่ออกแบบมาเพื่อเก็บรักษาอาหารประเภทติมชำให้
อยู่ในสภาพร้อนพร้อมบริโภค โดยไม่ต้องนำออกมาอุ่นหรือนึ่งซ้ำ

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้หลังคาทรงเรขาคณิตที่สามารถกระจายความร้อนภายในตูบติมชำได้ดีที่สุด

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการจัดทำโครงงานเรื่อง โครงสร้างหลังคาทางเรขาคณิตของตึ่อบตึ่มีข้่าที่กระจายความร้อนได้ดีที่สุด ทางคณะผู้จัดทำศึกษาหาความรู้ ดังต่อไปนี้

- 2.1 ปริซึมฐานสี่เหลี่ยมจัตุรัส
- 2.2 ปริซึมฐานสามเหลี่ยม
- 2.3 พีระมิตฐานสี่เหลี่ยมจัตุรัส
- 2.4 พีระมิตห้กยอยอดตัด
- 2.5 พาราโบล่า
- 2.6 แคลคูลัส
- 2.7 การกระจายความร้อน
- 2.8 ลักษณะของตึ่อบตึ่มีข้่า
- 2.9 อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการอุ่นตึ่มีข้่า

2.1 ปริซึมฐานสี่เหลี่ยมจัตุรัส

ปริซึมฐานสี่เหลี่ยมจัตุรัสเป็นรูปทรงเรขาคณิตสามมิติที่พบได้บ่อยในชีวิตประจำวัน ไม่ว่าจะเป็นเป็นกล่อง โครงสร้างอาคาร หรือวัตถุที่มีลักษณะเป็นแท่งตั้งตรง รูปทรงนี้มีลักษณะโดดเด่นตรงที่ฐานทั้งสองด้านเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส ซึ่งหมายความว่าทุกด้านของฐานมีความยาวเท่ากัน และทุกมุมเป็นมุมฉาก นอกจากนี้ฐานทั้งสองยังขนานกันและมีขนาดเท่ากัน ทำให้ปริซึมมีรูปทรงที่สม่ำเสมอตลอดความสูงของมัน

อีกสมบัติสำคัญของปริซึมฐานสี่เหลี่ยมจัตุรัสคือน้้าด้านข้างทั้งสี่หน้ามีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า แต่ละหน้าถูกสร้างขึ้นจากการลากเส้นเชื่อมระหว่างด้านของฐานล่างและฐานบน ซึ่งเส้นเชื่อมนี้คือ “ขอบด้านข้าง” ที่มีความยาวเท่ากันทุกเส้น ขอบด้านข้างทั้งสี่นี้ยังตั้งฉากกับฐาน ทำให้ความสูงของปริซึมมีค่าคงที่และวัดได้อย่างตรงไปตรงมา

นอกจากนี้ ปริซึมฐานสี่เหลี่ยมจัตุรัสยังประกอบด้วย 6 หน้า 12 ขอบ และ 8 จุดยอด ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของปริซึมที่มีฐานเป็นรูปสี่เหลี่ยม การมีโครงสร้างแบบนี้ทำให้คำนวณปริมาตรหรือพื้นที่ผิวได้ง่าย โดยใช้สูตรที่อาศัยความยาวด้านของฐานและความสูงของปริซึมเป็นหลัก ปริมาตรของปริซึมจะได้จากการนำพื้นที่ฐาน ซึ่งคือ $a \times 2$ มาคูณกับความสูง h ในขณะที่พื้นที่ผิวทั้งหมดคำนวณจากพื้นที่ของฐานทั้งสองและพื้นที่ของหน้าด้านข้างทั้งสี่หน้า

สูตรพื้นที่ผิวปริซึมสี่เหลี่ยมจัตุรัส เท่ากับ (ความยาวรอบฐาน $\times$ ความสูง) + พื้นที่ฐาน
 $= 4ah + 2a^2$ ตารางหน่วย

สูตรปริมาตรปริซึมสี่เหลี่ยมจัตุรัส เท่ากับ พื้นที่ฐาน $\times$ สูง
 $= a^2h$ ลูกบาศก์หน่วย

โดยที่ a คือ ความยาวของด้านฐานปริซึมสี่เหลี่ยมจัตุรัส

h คือ ความสูงของปริซึมสี่เหลี่ยมจัตุรัส

2.2 ปริซึมฐานสามเหลี่ยม

ปริซึมฐานสามเหลี่ยม (Triangular Prism) จัดเป็นรูปทรงหลายเหลี่ยม (Polyhedron) ที่มีความสำคัญพื้นฐานในเรขาคณิตสามมิติโดยมีนิยามเฉพาะคือรูปทรงที่มีฐานหรือหน้าตัดเป็นรูปสามเหลี่ยมจำนวนสองหน้า ซึ่งทั้งสองหน้าจะมีขนาดเท่ากันทุกประการและวางตัวอยู่บนระนาบที่ขนานกันเสมอ ความต่อเนื่องของรูปทรงถูกเชื่อมโยงด้วยหน้าข้างจำนวนสามหน้า ส่งผลให้ปริซึมฐานสามเหลี่ยมมีองค์ประกอบทางทอพอโลยีที่ประกอบด้วยจุดยอด (Vertices) จำนวน 6 จุด และเส้นขอบ (Edges) จำนวน 9 เส้น

สูตรพื้นที่ผิวปริซึมฐานสามเหลี่ยม เท่ากับ $3a^2 + 2\left(\frac{1}{2}ah\right)$ ตารางหน่วย

สูตรปริมาตรปริซึมฐานสามเหลี่ยม เท่ากับ $\frac{1}{3}a^2h$ ลูกบาศก์หน่วย

โดยที่ a คือ ความยาวของด้านฐานปริซึมฐานสามเหลี่ยม

h คือ ความสูงตรงของปริซึมฐานสามเหลี่ยม

2.3 พีระมิดฐานสี่เหลี่ยมจัตุรัส

พีระมิดฐานสี่เหลี่ยมจัตุรัสเป็นรูปทรงเรขาคณิตสามมิติที่มีลักษณะโดดเด่นและพบได้บ่อยในชีวิตประจำวัน ไม่ว่าจะเป็นสถาปัตยกรรม รูปจำลอง หรือแบบฝึกคณิตศาสตร์ รูปทรงนี้มีฐานเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส ซึ่งหมายความว่าทุกด้านของฐานมีความยาวเท่ากันและทุกมุมเป็นมุมฉาก ทำให้ฐานมีความสมมาตรและเป็นระเบียบอย่างชัดเจน

ส่วนยอดของพีระมิดเป็นจุดยอดเพียงหนึ่งเดียวที่อยู่เหนือกึ่งกลางของฐาน หากเป็นพีระมิดแบบปกติหรือแบบสมมาตร จุดยอดจะตั้งอยู่ในตำแหน่งที่ทำให้รูปทรงโดยรวมมีความสมดุล หน้าด้านข้างของพีระมิดประกอบด้วยรูปสามเหลี่ยมจำนวนสี่หน้า โดยแต่ละหน้ามีฐานเป็นด้านของสี่เหลี่ยมจัตุรัส และยอดรวมกันที่จุดเดียว สามเหลี่ยมเหล่านี้มีลักษณะคล้ายกัน และหากเป็นพีระมิดฐานสี่เหลี่ยมจัตุรัสแบบปกติ ทั้งสี่หน้าจะมีขนาดเท่ากันทุกประการ

พีระมิดฐานสี่เหลี่ยมจัตุรัสมีองค์ประกอบพื้นฐานได้แก่ 5 หน้า 8 ขอบ และ 5 จุดยอด ซึ่งเป็นโครงสร้างทั่วไปของพีระมิดที่มีฐานสี่เหลี่ยม ขอบทั้งสี่ของฐานจะเชื่อมต่อกับอีกสี่ขอบที่ลากขึ้นไปสู่ยอดพีระมิด ทำให้เกิดรูปทรงสามมิติที่มีลักษณะเป็นปลายแหลมขึ้นไปด้านบน ความสูงของพีระมิดคือระยะตั้งฉากจากยอดลงสู่จุดกึ่งกลางของฐาน ส่วนความสูงเอียงของพีระมิดคือระยะจากยอดลงมายังกึ่งกลางของด้านฐานแต่ละด้าน ซึ่งเป็นค่าที่จำเป็นในการคำนวณพื้นที่ผิวด้านข้าง

สูตรพื้นที่ผิวพีระมิดฐานสี่เหลี่ยมจัตุรัส เท่ากับ $a^2 + 2al$ ตารางหน่วย

สูตรปริมาตรพีระมิดฐานสี่เหลี่ยมจัตุรัส เท่ากับ $\frac{1}{3}a^2 h$ ลูกบาศก์หน่วย

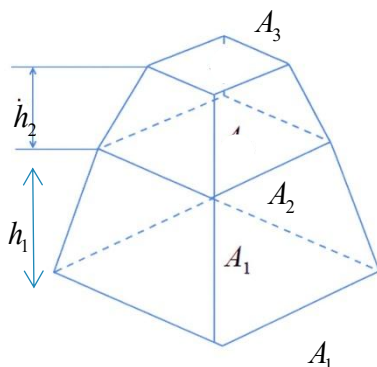
โดยที่ a คือ ความยาวของด้านฐานพีระมิดฐานสี่เหลี่ยมจัตุรัส

h คือ ความสูงของพีระมิดฐานสี่เหลี่ยมจัตุรัส

l คือ ความสูงของพีระมิดฐานสี่เหลี่ยมจัตุรัส

2.4 พีระมิดหังกอยอดตัด

พีระมิดยอดตัด เป็นรูปทรงเรขาคณิตสามมิติที่เกิดจากการตัดพีระมิดด้วยระนาบที่ขนานกับฐาน ทำให้ส่วนยอดด้านบนถูกตัดออกและเหลือเป็นฐานสองด้าน คือฐานล่างและฐานบนซึ่งมีรูปร่างคล้ายกัน โดยทั่วไปฐานมักเป็นรูปหลายเหลี่ยม เช่น สี่เหลี่ยมหรือสามเหลี่ยม ลักษณะสำคัญของรูปทรงนี้คือหน้าด้านข้างทั้งหมดจะเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู เนื่องจากความยาวด้านของฐานบนสั้นกว่าฐานล่าง พีระมิดหังกอยอดตัดยังคงมีความสูงซึ่งเป็นระยะตั้งฉากระหว่างฐานทั้งสองและมีความสูงเอียงซึ่งเป็นความยาวของด้านเอียงด้านข้างที่เชื่อมฐานบนกับฐานล่างโครงสร้างของรูปทรงนี้ประกอบด้วยขอบจำนวนมากกว่าพีระมิดปกติเนื่องจากมีฐานสองด้านแทนที่จะมีเพียงหนึ่ง นอกจากนี้ยังสามารถหาปริมาตรและพื้นที่ผิวได้จากสูตรเฉพาะที่อาศัยพื้นที่ของฐานทั้งสองและความสูงของรูปทรง พีระมิดหังกอยอดตัดจึงเป็นรูปทรงที่สำคัญทั้งในเชิงคณิตศาสตร์และงานประยุกต์ เช่น ใช้เป็นต้นแบบของปริซึมและทรงตัดต่าง ๆ รวมถึงมีความเกี่ยวข้องกับงานสถาปัตยกรรมและโครงสร้างทางวิศวกรรมหลายแขนง เนื่องจากมีรูปทรงมั่นคง สม่าเสมอ และสามารถประยุกต์ใช้ได้หลากหลายสถานการณ์



ภาพที่ 2.1 พีระมิดหักงอยอดตัด

สูตรพื้นที่ผิวพีระมิดหักงอยอดตัด เท่ากับ พื้นที่ฐานบน + พื้นที่ฐานล่าง + พื้นที่ผิวข้าง

สูตรปริมาตรพีระมิดหักงอยอดตัด เท่ากับ $\frac{1}{3}h_1(A_1^2 + A_2^2 + A_1A_2) + \frac{1}{3}h_2(A_2^2 + A_3^2 + A_2A_3)$

โดยที่ A_1 คือ ความยาวฐานด้านล่าง

A_2 คือ ความยาวฐานด้านบน

h คือ ความสูงของพีระมิดยอดตัด

2.5 พาราโบลา

พาราโบลา คือ เซตของจุดบนระนาบที่มีระยะห่างจากจุดโฟกัส เท่ากับระยะห่างจากเส้นไดเรกทริกซ์

ส่วนประกอบสำคัญของพาราโบลาพิจารณาสมการมาตรฐานรูปทั่วไปคือ

$(x-h)^2 = 4c(y-k)$ หรือ $(y-k)^2 = 4c(x-h)$ โดยมีตัวแปรสำคัญดังนี้:

1. จุดยอด (Vertex - V): จุดที่พาราโบลาวกกลับ หรือจุดสูงสุด/ต่ำสุดของกราฟ อยู่ที่พิกัด (h, k)
2. แกนสมมาตร (Axis of Symmetry): เส้นตรงที่แบ่งครึ่งพาราโบลาซ้าย-ขวา หรือ บน-ล่าง เท่ากัน
3. โฟกัส (Focus - F): จุดบังคับความโค้ง อยู่ "ภายใน" ส่วนโค้งของกราฟเสมอ ห่างจากจุดยอดเป็นระยะ $|c|$ หน่วย
4. เส้นไดเรกทริกซ์ (Directrix): เส้นบังคับกราฟ อยู่ "ภายนอก" ส่วนโค้ง ห่างจากจุดยอดเป็นระยะ $|c|$ หน่วย (ทิศตรงข้ามกับโฟกัส)
5. ความยาวลาตัสเรกตัม (Latus Rectum): คือเส้นตรงที่ลากผ่านจุดโฟกัสและตั้งฉากกับแกนสมมาตร

2.6 แคลคูลัส

แคลคูลัส (Calculus) คือสาขาคณิตศาสตร์ที่ศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง ของสิ่งต่าง ๆ โดยใช้แนวคิดหลัก 2 แขนง คือ แคลคูลัสเชิงอนุพันธ์ (หาอัตราการเปลี่ยนแปลง) และแคลคูลัสเชิงปริพันธ์ (หาพื้นที่ที่สะสม) เพื่อทำความเข้าใจปรากฏการณ์ธรรมชาติ การเคลื่อนที่ การออกแบบทางวิศวกรรม และการวิเคราะห์ข้อมูลในหลากหลายสาขาวิชา ตั้งแต่ดวงโคจรดาวเคราะห์ไปจนถึงการทำงานของ AI

ปริพันธ์จำกัดเขตและการหาพื้นที่

การหาพื้นที่ใต้เส้นโค้งเป็นหนึ่งในปัญหาหลักของวิชาแคลคูลัส โดยอาศัยแนวคิดของการแบ่งพื้นที่เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าเล็ก ๆ จำนวนมหาศาล (Riemann Sum) แล้วหาลิมิตเมื่อความกว้างของสี่เหลี่ยมเข้าใกล้ศูนย์

ทฤษฎีบทหลักมูลของแคลคูลัส ถ้า f เป็นฟังก์ชันต่อเนื่องบนช่วง $[a, b]$ พื้นที่ A ระหว่างกราฟกับแกน x คำนวณได้จาก

$$A = \int_a^b f(x) dx$$

เมื่ออินทิเกรตแล้วจะได้พื้นที่สุทธิระหว่างเส้นกราฟและขอบเขตที่กำหนด

2.7 การกระจายความร้อน

2.7.1 การนำความร้อน (conduction) คือการถ่ายเทความร้อนผ่านตัวกลางที่เป็นของแข็ง โดยพลังงานความร้อนจะถูกส่งผ่านจากโมเลกุลหนึ่งไปยังโมเลกุลที่อยู่ติดกัน จากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า โดยที่ตัวกลางเอง ไม่มีการเคลื่อนที่

2.7.2 การพาความร้อน (Convection) คือการถ่ายเทความร้อนผ่านการเคลื่อนที่ของสสารในสถานะของเหลวหรือแก๊ส เมื่อของไหลได้รับความร้อน จะขยายตัว มีความหนาแน่นลดลงและลอยสูงขึ้น ในขณะที่ของไหลที่เย็นกว่าและมีความหนาแน่นมากกว่าจะเคลื่อนที่จมลงมาแทนที่ ทำให้เกิดการหมุนเวียนของของไหลที่ถ่ายเทความร้อนต่อเนื่องกันเป็น "เซลล์การพาความร้อน"

2.7.3 การแผ่รังสีความร้อน (Radiation) คือ การถ่ายเทพลังงานความร้อนในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยไม่ต้องอาศัยตัวกลางใดๆ

2.8 ลักษณะของตู้อบต้มชำ

ตู้อบต้มชำหรือที่นิยมเรียกว่า “ตู้นึ่ง” หรือ “ตู้อุ่นต้มชำ” เป็นอุปกรณ์สำคัญที่ช่วยอุ่นและรักษาความชุ่มชื้นของอาหารชนิดต่าง ๆ เช่น ขนมจีบ ซาลาเปา และต้มชำ เพื่อให้พร้อมเสิร์ฟอยู่เสมอ โดยอาศัยไอน้ำเป็นตัวกระจายความร้อนให้ทั่วถึง โครงสร้างของตู้นึ่งทำจากสแตนเลสที่มีความ

แข็งแรง ทนทานต่อการใช้งานหนัก และมีผนังกระจกใสหรือกระจกโค้งเพื่อให้ผู้ซื้อสามารถมองเห็นอาหารด้านในได้ชัดเจน ช่วยเพิ่มความน่ารับประทานและดึงดูดลูกค้า ภายในตัวตู้มีชั้นวางหลายระดับเพื่อรองรับอาหารจำนวนมาก พร้อมระบบสร้างไอน้ำที่มีทั้งแบบใช้ไฟฟ้าและแบบใช้แก๊ส ซึ่งช่วยให้อาหารคงความร้อนและความนุ่มชุ่มฉ่ำอย่างเหมาะสม ตู้อบบางรุ่นยังมีระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นเพื่อไม่ให้อาหารแห้งหรือแฉะเกินไป รวมถึงระบบความปลอดภัย เช่น การตัดไฟอัตโนมัติเมื่อน้ำไม่เพียงพอ และมีก๊อกระบายน้ำเพื่อให้ง่ายต่อการทำความสะอาด นอกจากนี้ยังมีขนาดให้เลือกหลากหลาย ตั้งแต่ขนาดเล็กสำหรับร้านค้าทั่วไปไปจนถึงขนาดใหญ่สำหรับร้านอาหารหรือภัตตาคาร จึงนับได้ว่าเป็นอุปกรณ์ที่มีความจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการรักษาคุณภาพของติ่มซำในทุกสถานประกอบการ

2.9 อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการอุ่นติ่มซำ

คู่มือผู้ผลิตตู้อุ่นอาหาร (Steamer Display Cabinet Manuals): ตู้โชว์ซาลาเปาหรือติ่มซำที่ใช้ตามร้านสะดวกซื้อหรือร้านอาหาร มักจะแนะนำให้ตั้งค่า Thermostat ในช่วง 70°C - 85°C เพราะเป็นจุดสมดุลที่ดีที่สุดในการอุ่นอาหาร

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

โครงการคณิตศาสตร์เรื่อง โครงสร้างหลังคาทางเรขาคณิตของตู้อบต้มฆ่าที่กระจายความร้อนได้ดีที่สุด ทางคณะผู้จัดทำมีวิธีการดำเนินงานดังนี้

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินงาน มีดังนี้

วัสดุ (Materials)

1. แผ่นกระຈก
2. ตะแกรงอะลูมิเนียม
3. ซิลิโคนหรือวัสดุเชื่อมประสานสำหรับตู้กระຈก
4. แผ่นอะคริลิก
5. หลอดไฟไส้ 200 วัตต์
6. ฐานหลอดไฟ

อุปกรณ์ (Equipment)

1. เทอร์มอมิเตอร์
2. อุปกรณ์จับเวลา

ซอฟต์แวร์ (Software)

1. โปรแกรม GeoGebra Classic

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.2.1 การออกแบบตัวตู้และหลังคา

1. ออกแบบตัวตู้: ออกแบบตัวตู้อบต้มฆ่าทรงปริซึมสี่เหลี่ยมจัตุรัส ให้มีขนาดคงที่ โดยกำหนดขนาด ความกว้างเท่ากับ 30 เซนติเมตร ความยาวเท่ากับ 30 เซนติเมตร และความสูงเท่ากับ 48 เซนติเมตร

ตารางที่ 3.1 ขนาดของตู้อบต้มฆ่า

ตู้	กว้าง (cm)	ยาว (cm)	สูง (cm)	พื้นที่ผิว (cm ²)	ปริมาตร (cm ³)
ปริซึมสี่เหลี่ยม	30	30	48	6,660	43,200

คำนวณพื้นที่ผิวตัวตู้จากสูตรดังนี้

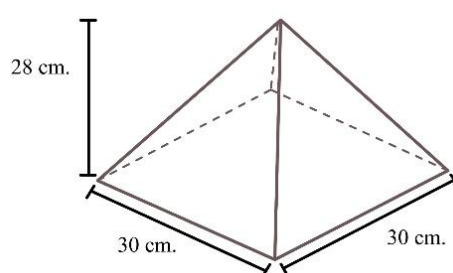
$$\begin{aligned}
 \text{พื้นที่ผิวตู้} &\text{เท่ากับ } (\text{ความยาวรอบฐาน} \times \text{ความสูง}) + \text{พื้นที่ฐาน} \\
 &= [48(30 + 30 + 30 + 30)] + (30 \times 30) \\
 &= 6,600 \text{ ตารางเซนติเมตร}
 \end{aligned}$$

คำนวณปริมาตรตัวตู้จากสูตรดังนี้

$$\begin{aligned}
 \text{ปริมาตรตู้} &\text{เท่ากับ } 48(30 \times 30) \\
 &= 43,200 \text{ ลูกบาศก์เซนติเมตร}
 \end{aligned}$$

หมายเหตุ: พื้นที่ผิวที่คำนวณเป็นการคำนวณแบบตู้เปิดฝาด้านและไม่รวมฐาน

2. ออกแบบหลังคา 4 รูปแบบ: กำหนดโครงสร้างหลังคา 4 รูปแบบทางเรขาคณิต
- แบบที่ 1: พีระมิดฐานสี่เหลี่ยม (Square Pyramid)

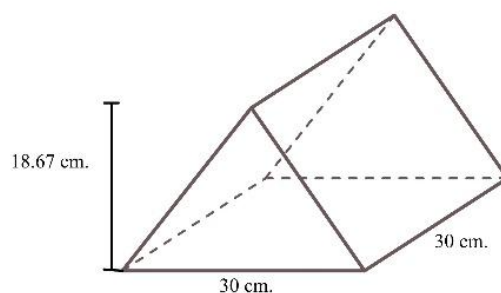


ภาพที่ 3.1 พีระมิดฐานสี่เหลี่ยมจัตุรัส

$$\begin{aligned}
 \text{ปริมาตรพีระมิดฐานสี่เหลี่ยม} &\text{เท่ากับ } \frac{1}{3} a^2 h \\
 &= \frac{1}{3} \times 30^2 \times 28 \\
 &= 8,400 \text{ ลูกบาศก์เซนติเมตร}
 \end{aligned}$$

ดังนั้น ปริมาตรพีระมิดฐานสี่เหลี่ยม คือ 8,400 ลูกบาศก์เซนติเมตร

แบบที่ 2: ปริซึมสามเหลี่ยม (Triangular Prism Roof)

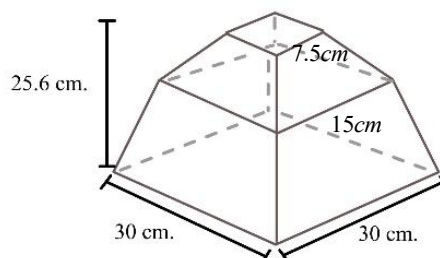


ภาพที่ 3.2 ปริซึมสามเหลี่ยม

$$\begin{aligned} \text{ปริมาตรปริซึมสามเหลี่ยม เท่ากับ } & \frac{1}{2} a^2 h \\ &= \frac{1}{2} \times 30^2 \times 18.67 \\ &= 8,400 \text{ ลูกบาศก์เซนติเมตร} \end{aligned}$$

ดังนั้น ปริมาตรปริซึมสามเหลี่ยม คือ 8,400 ลูกบาศก์เซนติเมตร

แบบที่ 3: พีระมิดหักงอยอดตัด 2 ชั้น (Two-Tiered Truncated Pyramid Roof)

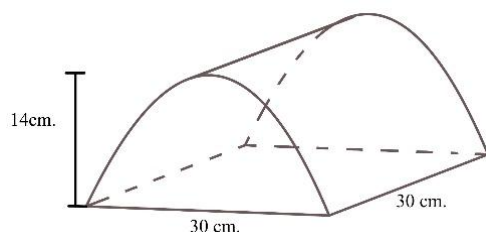


ภาพที่ 3.3 พีระมิดหักงอยอดตัด 2 ชั้น

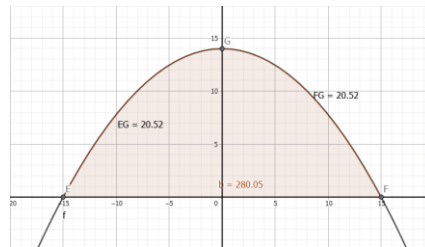
$$\begin{aligned} \text{ปริมาตรปริซึมสามเหลี่ยม เท่ากับ } & \frac{1}{3} h_1 (A_1^2 + A_2^2 + A_1 A_2) + \frac{1}{3} h_2 (A_2^2 + A_3^2 + A_2 A_3) \\ &= \frac{1}{6} (25.6) [30^2 + 2(15^2) + (7.5^2) + 30(15) + 15(7.5)] \\ &= 8,400 \text{ ลูกบาศก์เซนติเมตร} \end{aligned}$$

ดังนั้น ปริมาตรปริซึมสามเหลี่ยม คือ 8,400 ลูกบาศก์เซนติเมตร

แบบที่ 4: ทรงพาราโบลาคั่ว (Parabolic Roof)



ภาพที่ 3.4 ทรงพาราโบลาคั่ว



ภาพที่ 3.5 กราฟพาราโบลาคั่ว

ฟังก์ชันกราฟพาราโบลาคั่ว เท่ากับ $y = -0.0622x^2 + 14$

พื้นที่ใต้กราฟพาราโบลาคั่ว เท่ากับ $\int_a^b f(x) dx$

$$\begin{aligned}
 &= \int_{-15}^{15} (-0.0622x^2 + 14) dx \\
 &= \left(\frac{-0.0622x^3}{3} + 14x \right) \bigg|_{-15}^{15} \\
 &= \left(\frac{-0.0622(15)^3}{3} + 14(15) \right) \\
 &\quad - \left(\frac{-0.0622(-15)^3}{3} + 14(-15) \right) \\
 &= 280.05 \text{ ตารางเซนติเมตร}
 \end{aligned}$$

ดังนั้น พื้นที่ใต้กราฟของพาราโบลาคั่ว เท่ากับ 280.05 ตารางเซนติเมตร

ปริมาตรหลังคาพาราโบลาคั่ว เท่ากับ พื้นที่ใต้กราฟพาราโบลาคั่ว $\times$ ความยาวฐาน

$$= 280.05 \times 30$$

$$= 8,401.5 \text{ ลูกบาศก์เซนติเมตร}$$

ดังนั้น ปริมาตรพาราโบลาคั่ว คือ 8,401.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร

3.2.2 การกำหนดชุดการทดลอง

เพื่อศึกษาผลกระทบของรูปทรง จึงแบ่งการทดลองออกเป็น 1 ชุดการทดลองหลัก โดยแต่ละชุดประกอบด้วยหลังคาทั้ง 4 รูปแบบ

1. ชุดการทดลองที่ควบคุมปริมาตร

- ออกแบบหลังคาทั้ง 4 รูปแบบ ได้แก่ พีระมิดฐานสี่เหลี่ยม ปริซึมสามเหลี่ยม

พีระมิดหังกยอดตัด และทรงโค้งพาราโบลาคว่ำ

ตารางที่ 3.2 ขนาดหลังคาที่ออกแบบที่ควบคุมปริมาตรแต่ละแบบของแบบจำลอง

ชนิดหลังคา		กว้าง (cm)	ยาว (cm)	ฐานบน (cm)	สูงตรง (cm)	สูงเอียง (cm)	ปริมาตร แต่ละชั้น (cm ³)	ปริมาตร (cm ³)
1	พีระมิดฐานสี่เหลี่ยม	30	30	-	28	31.76	-	8,400
2	ปริซึมสามเหลี่ยม	30	30	-	18.67	23.95	-	8,400
3	พีระมิดยอดตัดชั้นล่าง	30	30	15	12.8	14.84	6,720	8,400
	พีระมิดยอดตัดชั้นบน	15	15	7.5	12.8	13.34	1,680	
4	ทรงพาราโบลาคว่ำ	30	30	-	14	-	-	8,400

- ควบคุมตัวแปร: กำหนดให้หลังคาทั้ง 4 แบบ มีปริมาตรเท่ากันที่ 8,400 ลูกบาศก์เซนติเมตร

3.2.3 การสร้างแบบจำลองตู้อบ

1. ประกอบตัวตู้กระจกทรงปริซึมสี่เหลี่ยม ขนาดความกว้าง เท่ากับ 30 เซนติเมตร ความยาว เท่ากับ 30 เซนติเมตร และความสูงเท่ากับ 40 เซนติเมตร จำนวน 1 ตู้

2. ทำหลังคาที่พิมพ์ด้วยแผ่นอะคริลิก มาประกอบเข้ากับตัวตู้กระจก ให้ถูกต้องตามชุดการทดลอง ภาคผนวกหน้า 23

3.2.4 การติดตั้งชุดทดสอบและการทดลอง

1. ติดตั้งหลอดไฟไส้ ที่บริเวณกึ่งกลางด้านล่างของตู้
2. ติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์ 4 จุด ภายในตู้ ตำแหน่งชั้นที่ 1 ชั้นที่ 2 ชั้นที่ 3 และหลังคา
3. เริ่มการทดลองโดยการเปิดไฟให้ความร้อน และเริ่มจับเวลา
4. บันทึกอุณหภูมิที่อ่านได้จากเทอร์โมมิเตอร์ทั้ง 4 จุด ในตู้

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

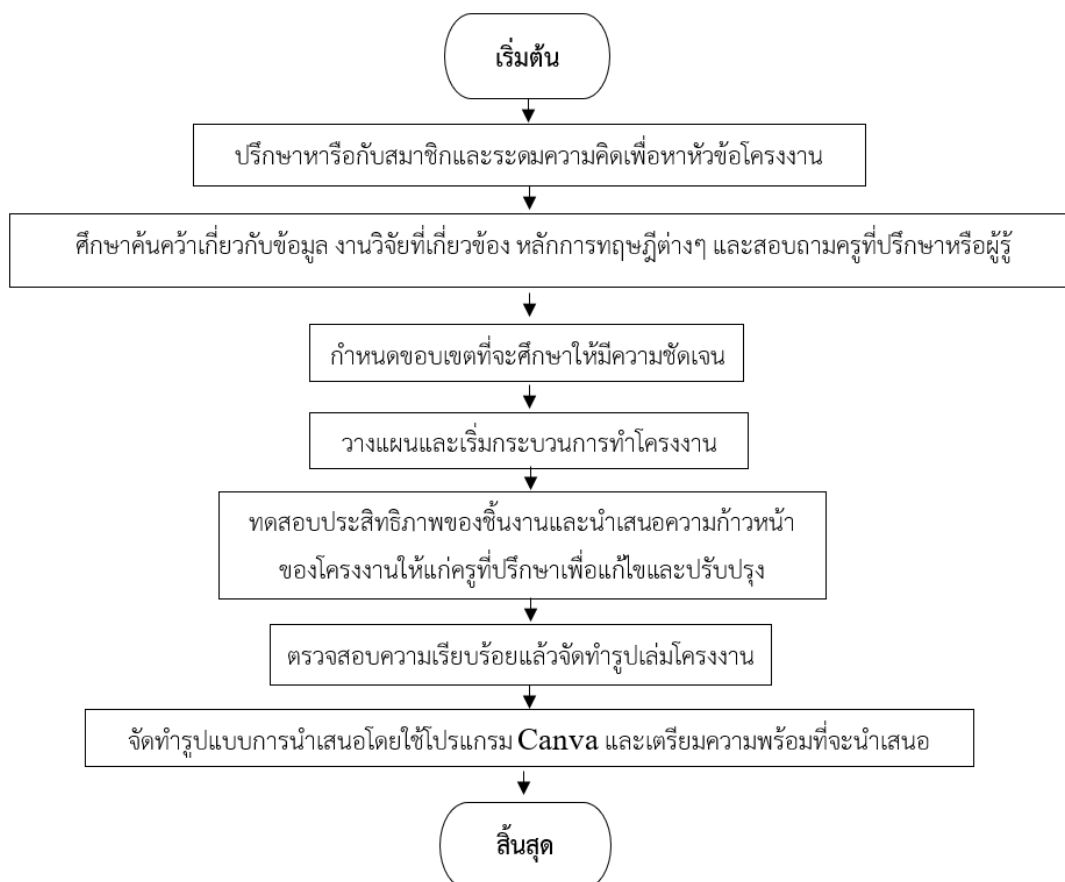
1. ดำเนินการทดลองตามขั้นตอนในข้อ 3.2.4
2. บันทึกผลอุณหภูมิทั้ง 5 จุด ของตู้ ลงในตารางบันทึกผล
3. เพื่อความน่าเชื่อถือของข้อมูล ให้ทำการทดลองซ้ำทั้งหมด 3 ครั้ง และบันทึกผลการทดลองในแต่ละครั้ง

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลอุณหภูมิที่รวบรวมได้มาวิเคราะห์ผล ดังนี้

1. คำนวณค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง สำหรับแต่ละจุดวัดในตู้
2. วิเคราะห์อุณหภูมิที่เหมาะสม: คำนวณค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรวมของทั้ง 5 จุด ภายในตู้แต่ละตู้ เพื่อหาว่าตู้ใดมีอุณหภูมิเฉลี่ยที่อยู่ในช่วงที่เหมาะสม

3.5 แผนผังแสดงวิธีการดำเนินงาน



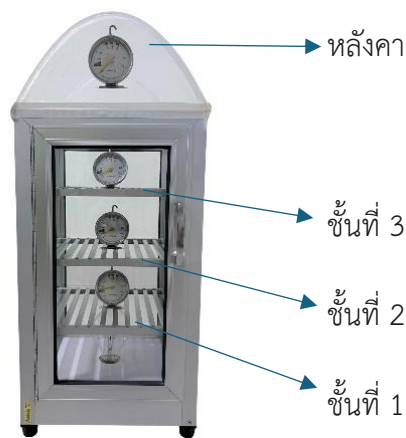
บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

โครงการคณิตศาสตร์เรื่อง โครงสร้างหลังคาทางเรขาคณิตของตู้อบต้มข้าวที่กระจายความร้อนได้ดีที่สุด คณะผู้จัดทำได้ดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลอุณหภูมิจากแบบจำลองตู้อบต้มข้าวที่มีโครงสร้างหลังคาแตกต่างกัน 4 รูปแบบ ได้แก่ ปริซึมสามเหลี่ยม พีระมิดฐานสี่เหลี่ยมจัตุรัส พีระมิดหกเหลี่ยม และทรงโค้งพาราโบลาว่า โดยมีการควบคุมตัวแปรด้านปริมาตรของหลังคาให้คงที่ โดยผลการดำเนินงานมีดังนี้

4.1 ผลการทดลองวัดระดับอุณหภูมิภายในตู้อบต้มข้าว

จากการทดลองวัดอุณหภูมิภายในตู้อบต้มข้าว ณ ตำแหน่งต่าง ๆ 4 จุด คือ ชั้นล่าง ชั้นกลาง ชั้นบน และ บริเวณหลังคา เป็นเวลาทั้งหมด 1 ชั่วโมง โดยทำการทดลองซ้ำหาค่าเฉลี่ยเลขคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ได้ผลดังตารางต่อไปนี้



ภาพที่ 4.1 แสดงตำแหน่งการวัดอุณหภูมิบริเวณต่าง ๆ

4.1.1 บันทึกอุณหภูมิในตู้ต้มข้าวแบบมีชั้นวางและอุณหภูมิภายในตู้ต้มข้าวที่ไม่มีชั้นวาง
ตารางที่ 4.1 อุณหภูมิภายในตู้ต้มข้าวที่มีชั้นวาง

ครั้งที่	ชั้น	อุณหภูมิ(°C)				
		ก่อน ทดลอง แต่ละ ครั้ง	ปริซึม สามเหลี่ยม	พีระมิดฐาน สี่เหลี่ยมจัตุรัส	พีระมิดหักงอ ยอดตัด	ทรงโค้ง พาราโบลาคว่ำ
1	1	40	88	87	86	85.50
	2	40	71	71	69.50	70
	3	40	66	65	65	66
	หลังคา	40	60	59.50	57	55
	$\bar{x} \pm S.D.$	40 ± 0	75.00 ± 11.53	74.33 ± 11.37	73.50 ± 11.06	73.83 ± 10.30
2	1	40	86	87	86	89
	2	40	69.50	70	69.50	71
	3	40	63.50	63	65	69
	หลังคา	40	59	59	57	58
	$\bar{x} \pm S.D.$	40 ± 0	73.00 ± 11.65	73.33 ± 12.34	73.50 ± 11.06	76.33 ± 11.02
3	1	40	89	86.50	88	88
	2	40	72	70	71	70
	3	40	65	64	66	67
	หลังคา	40	60	59	59	57
	$\bar{x} \pm S.D.$	40 ± 0	75.33 ± 12.34	73.50 ± 11.65	75.00 ± 11.53	75.00 ± 11.36
$\bar{x} \pm S.D.$			74.44 ± 10.32	73.72 ± 10.23	74.00 ± 9.74	75.06 ± 9.50

หมายเหตุ : ค่า $\bar{X} \pm S.D.$ จะไม่นำอุณหภูมิบริเวณหลังคามาคิด

ตารางที่ 4.2 อุณหภูมิภายในตู้ต้มฆ่าที่ไม่มีชั้นวาง

ครั้งที่	จุด	อุณหภูมิ(°C)				
		ก่อน ทดลองแต่ละครั้ง	ปริซึม สามเหลี่ยม	พีระมิดฐาน สี่เหลี่ยมจัตุรัส	พีระมิดหักงอ ยอดตัด	ทรงโค้ง พาราโบลาคว่ำ
1	1	40	60	65	62	63
	2	40	51	55	52	54
	3	40	52	56	53	55
	หลังคา	40	52	54	54	55
	$\bar{x} \pm S.D.$	40 ± 0	54.33 ± 4.93	58.67 ± 5.51	55.67 ± 5.51	57.33 ± 4.93
2	1	40	61	64	64	64
	2	40	51	54	53	54
	3	40	52	55	55	56
	หลังคา	40	54	54	54	55
	$\bar{x} \pm S.D.$	40 ± 0	54.67 ± 5.51	57.67 ± 5.51	57.33 ± 5.86	58 ± 5.29
3	1	40	64	63	65	65
	2	40	53	53	54	54
	3	40	55	54	55	56
	หลังคา	40	54	53	54	55
	$\bar{x} \pm S.D.$	40 ± 0	57.33 ± 4.93	56.67 ± 5.51	58.00 ± 6.08	58.33 ± 5.86
$\bar{x} \pm S.D.$			55.44 ± 4.93	57.67 ± 4.85	57.00 ± 5.15	57.89 ± 4.68

หมายเหตุ : ค่า $\bar{X} \pm S.D.$ จะไม่นำอุณหภูมิบริเวณหลังคามาคิด

4.1.2 บันทึกเวลาในตู้ต้มฆ่าเมื่ออุณหภูมิถึง 70°C เพราะในช่วง 70°C - 85°C เป็นจุดสมดุลที่ดีที่สุดในการอุ่นอาหาร และเพื่อทราบว่าการต้มฆ่าหลังคาแบบไหนอุณหภูมิถึง 70°C ได้เร็วที่สุด

ตารางที่ 4.3 ตารางเปรียบเทียบเวลาที่หลังคาแต่ละชนิดทำให้อุณหภูมิขึ้นแรกถึง 70°C แบบมีชั้นวาง

หลังคา	เวลา (นาทีก)			
	ปริซึมสามเหลี่ยม	พีระมิดฐานสี่เหลี่ยมจัตุรัส	พีระมิดหกเหลี่ยม	พาราโบลาคั่ว
ครั้งที่ 1	9.00	11.20	11.00	9.00
ครั้งที่ 2	9.20	11.50	9.00	8.50
ครั้งที่ 3	11.00	10.50	9.00	8.00
$\bar{x}$	9.73	11.07	9.67	8.50

หมายเหตุ: จะไม่เปรียบเทียบเวลาที่หลังคาแต่ละชนิดทำให้อุณหภูมิขึ้นแรกถึง 70°C แบบไม่มีชั้นวาง เพราะแต่ละจุดมีอุณหภูมิไม่ถึง 70°C

4.2 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการทดลองวัดอุณหภูมิภายในตู้อบต้มชำทั้งแบบมีชั้นวางและไม่มีชั้นวาง เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง โดยควบคุมให้ปริมาตรของหลังคาทุกรูปทรงเท่ากัน สามารถวิเคราะห์ผลการกระจายความร้อนได้ดังนี้

4.2.1 กรณีตู้อบต้มชำแบบมีชั้น พบว่าตู้อบที่มีหลังคาทรงพาราโบลาคั่วประสิทธิภาพในการกระจายความร้อนได้สม่ำเสมอที่สุด โดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ยเลขคณิตจากการทดลองทั้ง 3 ครั้ง ซึ่งมีค่าคือ 75.06 องศาเซลเซียส และพิจารณาจากค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของอุณหภูมิในชั้นที่ 1 ถึงชั้นที่ 3 ซึ่งมีค่าต่ำที่สุดคือ 9.50 แสดงให้เห็นว่าความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างชั้นมีค่าน้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบกับหลังคารูปทรงอื่น

4.2.2 กรณีตู้อบต้มชำแบบไม่มีชั้น ผลการทดลองสอดคล้องกับกรณีแบบมีชั้น โดยตู้อบ หลังคาทรงพาราโบลาคั่ว ยังคงมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ต่ำที่สุด คือ 4.68 ยืนยันถึงประสิทธิภาพในการรักษาสมดุลของการกระจายความร้อนที่ทั่วถึงในทุกจุดภายในตู้ได้อย่างคงที่และมีเสถียรภาพ

4.2.3 ระยะเวลาในการทำอุณหภูมิ เมื่อพิจารณาความเร็วในการทำอุณหภูมิให้ถึงระดับ 70°C พบว่า หลังคาทรงพาราโบลาคั่ว ใช้เวลาเฉลี่ยน้อยที่สุดเพียง 8.50 นาที ในขณะที่หลังคารูปทรงอื่นใช้เวลาเฉลี่ย 9 - 11 นาที แสดงให้เห็นว่ารูปทรงพาราโบลาคั่วสามารถกักเก็บและสะท้อนความร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ทำให้ประหยัดพลังงานและเวลาในการอุ่นอาหาร

บทที่ 5

สรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะ

จากการทำโครงการคณิตศาสตร์ เรื่อง โครงสร้างหลังคาทางเรขาคณิตของตู้อบต้มข้าวที่กระจายความร้อนได้ดีที่สุด คณะผู้จัดทำได้สรุปผล อภิปรายผล และมีข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดสอบประสิทธิภาพการกระจายความร้อนภายในตู้อบต้มข้าวที่มีรูปทรงหลังคาทางเรขาคณิตแตกต่างกัน 4 รูปแบบ พบว่า โครงสร้างหลังคาทรงโค้งพาราโบลาคว่ำ สามารถกระจายความร้อนภายในตู้อบต้มข้าวได้ดีที่สุด ทั้งในกรณีที่มีชั้นวางและไม่มีชั้นวาง โดยอุณหภูมิในแต่ละชั้นและแต่ละจุดที่วัดมีความใกล้เคียงกันมากที่สุด (มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำที่สุด) ส่งผลให้อุณหภูมิภายในตู้มีความสม่ำเสมอ เหมาะสมแก่การอุ่นอาหารประเภทต้มข้าว เนื่องจากคุณสมบัติทางเรขาคณิตของทรงพาราโบลาที่มีจุดโฟกัส ซึ่งช่วยในการรวมและสะท้อนรังสีความร้อนกลับลงมาสู่ชั้นวางอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.2 อภิปรายผล

จากผลการทดลอง สามารถอภิปรายได้ว่า รูปทรงเรขาคณิตของหลังคามีผลต่อการพาความร้อน (Convection) ภายในตู้อบ โดยลักษณะการเคลื่อนที่ของมวลอากาศร้อนจะเป็นแบบไหลเวียนภายในตู้ (Circulation) มากกว่าการกระจายอยู่กับที่ มวลอากาศที่ได้รับความร้อนจากหลอดไฟด้านล่างจะขยายตัวและลอยสูงขึ้น

จากงานวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบพาราโบลาโดมสำหรับอบแห้งยางแผ่น ผู้วิจัยได้ใช้คุณสมบัติของหลังคาโค้งพาราโบลาในการกักเก็บมวลอากาศร้อน เมื่ออากาศร้อนลอยขึ้นไปปะทะเพดานโค้ง ความร้อนจะถูกม้วนและสะท้อนกลับลงมายังระดับชั้นวาง ซึ่งมักอยู่ในระดับหรือสอดคล้องกับการคำนวณจุดโฟกัสและแนวสะท้อน ทำให้ผลิตภัณฑ์ด้านล่างได้รับความร้อนอย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่อง เมื่อนำมาประยุกต์ใช้กับหลังคาทรงพาราโบลาคว่ำ ซึ่งมีลักษณะโค้งมน ไม่มีมุมหรือเหลี่ยมแหลม ความโค้งของพาราโบลาจะช่วยรับและสะท้อนมวลอากาศร้อนให้ม้วนตัวไหลเวียนกลับลงมาสู่ชั้นล่างได้อย่างต่อเนื่องและเป็นระเบียบ ทำให้เกิดการหมุนเวียนความร้อนที่สมบูรณ์

ในทางกลับกัน หลังการรูปทรงอื่นอย่าง พีระมิด หรือ ปริซึม จะมีมุมหรือยอดแหลม ซึ่งมักจะทำให้มวลอากาศร้อนลอยไปกระจุกตัวอยู่บริเวณยอดตู้ (เกิดเป็นจุดอับความร้อน หรือ Dead Zone) ส่งผลให้มวลอากาศไม่ถูกสะท้อนกลับลงมาด้านล่างอย่างมีประสิทธิภาพ อุณหภูมิในชั้นล่างและชั้นบน จึงมีความแตกต่างกันมาก

นอกจากปัจจัยด้านรูปทรงเรขาคณิตแล้ว ในทางปฏิบัติหรือในระหว่างการทดลอง อาจมีปัจจัยแทรกซ้อนอื่น ๆ เช่น ปริมาณความร้อนที่ไหลออกจากการเปิด-ปิดประตูตู้ ซึ่งเป็นข้อจำกัดที่ส่งผลให้การรักษาระดับอุณหภูมิและการหมุนเวียนความร้อนภายในตู้เกิดการเปลี่ยนแปลงได้

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ในการศึกษาครั้งต่อไปควรเพิ่มระบบไอน้ำ โดยอาจใช้หลอดไฟเป็นแหล่งกำเนิดความร้อนเช่นเดิม แต่เพิ่มถ้วยบรรจุน้ำเข้าไปภายในตู้ เพื่อให้ความร้อนทำให้น้ำระเหยเป็นไอน้ำ ซึ่งจะช่วยให้จำลองสภาพตู้อบต้มฆ่าของจริง และส่งผลให้ต้มฆ่ามีความนุ่มนวลรับประทานมากยิ่งขึ้น

5.3.2 ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบผลของการกระจายความร้อนเมื่อใช้วัสดุทำหลังคาที่แตกต่างกัน เช่น สแตนเลส เทียบกับ อะคริลิก หรือกระจก เพื่อศึกษาปัจจัยด้านการนำความร้อนและการแผ่รังสีของวัสดุ

5.3.3 ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกระจายความร้อนระหว่างรูปทรงหลังคาที่มีจุดโฟกัส (Focal Point) เหมือนกัน เช่น การเปรียบเทียบระหว่างทรงโค้งพาราโบลา และทรงรี เพื่อหาข้อสรุปว่ารูปทรงเรขาคณิตใดสามารถสะท้อนความร้อนได้ดีที่สุด

5.3.4 สามารถต่อยอดโครงการโดยใช้สมการทางแคลคูลัสและสมการพาราโบลา มาคำนวณหารูปแบบ ความกว้างและความสูง หรือ จุดโฟกัส ของพาราโบลา ที่ทำให้เกิด การสะท้อนความร้อนกลับลงมาตรงกึ่งกลางของชั้นวางอาหารแต่ละชั้นได้อย่างแม่นยำที่สุด

5.3.5 ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมโดยเปลี่ยนตัวแปรควบคุมจากการควบคุมปริมาตร เป็นการควบคุม พื้นที่ผิวของหลังคาให้เท่ากันแทน หรือควรมีการสืบค้นงานวิจัยมารองรับเพิ่มเติมเพื่อเปรียบเทียบและยืนยันว่า ปริมาตรรวมของหลังคามีผลต่อการกระจายความร้อนได้ดีกว่าขนาดของพื้นที่ผิวหรือไม่

บรรณานุกรม

- คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร กรุงเทพมหานคร. (ออนไลน์).
สืบค้นจาก:https://search.tcithailand.org/article.html?b3BlbkFydGlibGUma_WQ9ODYwNjk1
- ณัฐวุฒิ จันทรเพ็ญ. (2563). การพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบพาราโบลาโดมสำหรับอบแห้งยางพาราแผ่น. (ออนไลน์). สืบค้นจาก: <http://ithesis-ir.su.ac.th/dspace/bitstream/123456789/3566/1/620720020.pdf>
- วิกิพีเดีย. (ม.ป.ป.). พีระมิดโค้งงอ. (ออนไลน์). สืบค้นจาก: <https://th.wikipedia.org/wiki/พีระมิดโค้งงอ>
- สิริวรรณ อتبำรุง. (2562). การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ประสิทธิภาพสูง. (ออนไลน์). สืบค้นจาก: <https://fulltext.rmu.ac.th/fulltext/2562/M126929/Artbumrung%20Siriwan.pdf>
- อาทิตย์ สารสมบูรณ์, เสาวลักษณ์ ชาญชัยฤกษ์, ประธาน ประจวบโชค, ธิติพงศ์ วุฒิสาสตร์ และ สมเจตน์ ภัทรพานิชชัย. (ม.ป.ป.). การศึกษาการควบคุมอุณหภูมิอากาศภายในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์รูปทรงพาราโบลาด้วยเทอร์โมสแตท (STUDY OF TEMPERATURE CONTROL INSIDE A PARABOLIC SOLAR DRYER USING A THERMOSTAT).
Curriculum and Learning. (ม.ป.ป.). การถ่ายโอนพลังงานความร้อน. (ออนไลน์). สืบค้นจาก: http://www.curriculumandlearning.com/upload/Studentslearning/การถ่ายโอนพลังงานความร้อน_1644205564.pdf
- Hasenah Baeheng. (2566). รายงานโครงการเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์. (ออนไลน์). สืบค้นจาก : <https://princess-it.org/wp-content/uploads/2023/11/รายงานโครงการ-เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์-Hasenah-Baeheng.pdf>
- sai1518pccchon.wordpress.com. (ม.ป.ป.). สื่อการสอนวิชาคณิตศาสตร์: พื้นที่ผิวและปริมาตร. (ออนไลน์). สืบค้นจาก : <https://sai1518pccchon.wordpress.com/พื้นที่ผิวและปริมาตร/>
- ScienceDirect. (ม.ป.ป.). Study of solar dryer performance using parabolic concentrator with heat storage. (ออนไลน์). สืบค้นจาก: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214157X15300198>
- YouTube. (ม.ป.ป.). 01_ปริมาตรและพื้นที่ผิวของพีระมิด ตอนที่ 1 (คณิตศาสตร์ ม.3 เล่ม 2 บทที่ 3). [Video]. (ออนไลน์). สืบค้นจาก : <https://youtu.be/U3oiQUsMq2o>

ภาคผนวก



ตู้อบต้มฆ่าแบบหลังคาเรียบ



ตู้อบต้มฆ่าหลังคาปริซึมสามเหลี่ยม



ตู้อบต้มฆ่าหลังคาพีระมิดฐานสี่เหลี่ยม



ตู้อบต้มฆ่าหลังคาพีระมิดห้กงยอดตัด



ตู้อบต้มฆ่าหลังคาพาราโบลา