

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

เพื่อเป็นการพัฒนาแบบจำลองการกระจายอุณหภูมิภายในถังเก็บข้าวเปลือกที่มีการระบายความร้อนด้วยท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบ มีวิธีดำเนินการวิจัยดังนี้

แบบจำลองการกระจายอุณหภูมิของข้าวเปลือกในถังเก็บข้าวเปลือก

ได้มีการศึกษาทฤษฎีพื้นฐานที่สำคัญเกี่ยวกับการเกิดความร้อนขึ้นภายในถังเก็บข้าวเปลือกโดยที่ไม่มีการให้ความร้อน ลักษณะการถ่ายเทความร้อนหรือการกระจายอุณหภูมิของข้าวเปลือกภายในถังเก็บข้าวเปลือก และวิธีการระบายความร้อนออกจากถังเก็บข้าวเปลือก เพื่อนำไปประกอบการพัฒนาแบบจำลองการกระจายอุณหภูมิของข้าวเปลือกภายในถังเก็บข้าวเปลือก

จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาทฤษฎีพื้นฐานมาเขียนโปรแกรมโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อจำลองการกระจายอุณหภูมิของข้าวเปลือกภายในถังเก็บข้าวเปลือก ซึ่งตัวแปรต่างๆที่ใช้ในการคำนวณของแบบจำลองแสดงดังตาราง 2

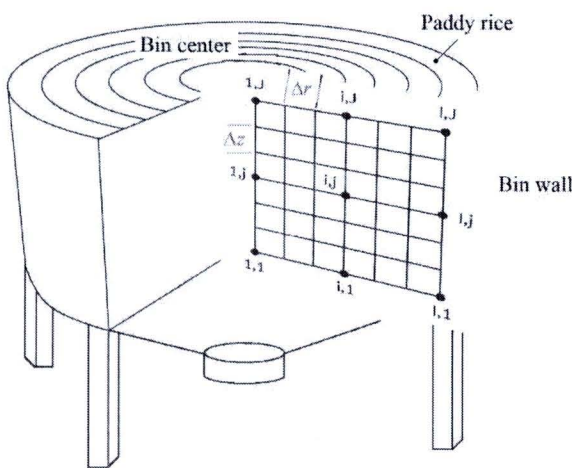
ลักษณะการแบ่งจุดการคำนวณของแบบจำลองในแต่ละจุดบนถังเก็บข้าวเปลือกแสดงดังภาพ 17 โดยที่แนวรัศมี (i) มีค่าตั้งแต่ 1 ถึง I ซึ่งในแต่ละจุดมีระยะห่างเท่ากับ Δr และแนวระดับ (j) มีค่าตั้งแต่ 1 ถึง J ซึ่งในแต่ละจุดมีระยะห่างเท่ากับ Δz

การคำนวณของแบบจำลองการกระจายอุณหภูมิของข้าวเปลือกภายในถังเก็บข้าวเปลือกจะพิจารณาเป็นลักษณะการถ่ายเทความร้อนแบบสองมิติโดยขึ้นอยู่กับเวลาที่เปลี่ยนไป (The two-dimensional transient heat transfer (r, z, t)) และเพื่อที่จะสามารถแก้ปัญหาได้จึงมีการกำหนดสมมติฐานดังนี้

1. ไม่พิจารณาการแลกเปลี่ยนความร้อนจากการแผ่รังสี
2. พลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นภายในตัวกลางมีความสม่ำเสมอ
3. ความชื้นของข้าวเปลือกมีค่าคงที่เท่ากับ 26 และ 14 % มาตรฐานเปียก
4. ค่าของสัมประสิทธิ์การพาความร้อนมีค่าคงที่
5. การกระจายอุณหภูมิของข้าวเปลือกในแนวเส้นรอบวงมีค่าเท่ากัน

ตาราง 2 ค่าตัวแปรต่างๆที่ใช้ในแบบจำลองการกระจายอุณหภูมิของข้าวเปลือก

ตัวแปร	ขนาด/ปริมาณ
มวลข้าวเปลือก	500 กิโลกรัม
ความสูงของถังเก็บข้าวเปลือก	0.65 เมตร
เส้นผ่านศูนย์กลางของถังเก็บข้าวเปลือก	1.4 เมตร
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของ CLOHP	0.0014 เมตร
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของ CLOHP	0.0022 เมตร
ความยาวส่วนทำระเหย	0.65 เมตร
ความยาวส่วนควบแน่น	0.25 เมตร
จำนวนโคงเลี้ยว (ต่อชุด)	33
สารทำงาน	R134a
อัตราส่วนการเติม (ต่อปริมาตรทั้งหมด)	50 %
ความชื้นข้าวเปลือก (มาตรฐานเปียก)	26 และ 14 %
ระยะเวลาในการเก็บรักษา	10 ชั่วโมง
Δr	0.029 เมตร
Δz	0.027 เมตร



ภาพ 17 ตำแหน่งขอบเขตของการคำนวณอุณหภูมิของข้าวเปลือก
ในแบบจำลองการกระจายอุณหภูมิ

ซึ่งในการทำงานของแบบจำลองมีขั้นตอนการทำงานดังแผนภาพภาพ 18 โดยเริ่มต้นการทำงานของแบบจำลองจะต้องป้อนข้อมูลดังนี้

1. อุณหภูมิเริ่มต้นของข้าวเปลือก
2. ความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือก
3. อุณหภูมิของอากาศแวดล้อม
4. ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรักษาข้าวเปลือก

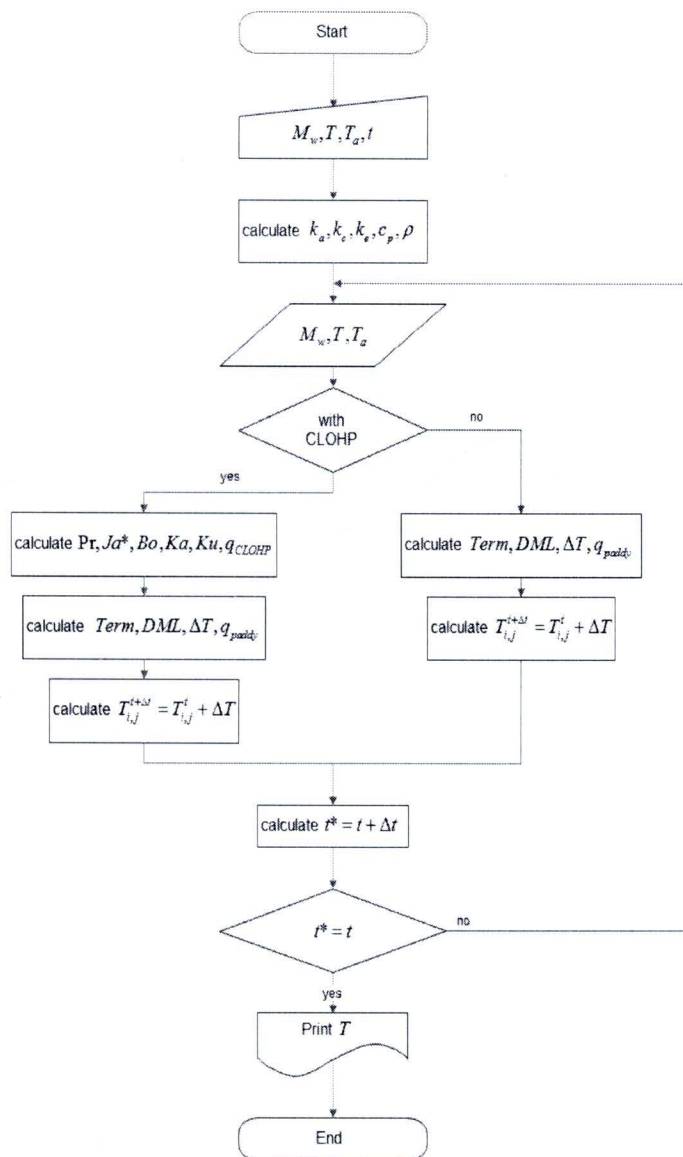


จากนั้นแบบจำลองจะทำการคำนวณคุณสมบัติต่างๆของข้าวเปลือกและสารทำงานเพื่อนำมาใช้ในการคำนวณการกระจายอุณหภูมิของข้าวเปลือก โดยแบบจำลองแบ่งการคำนวณออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนแรกจะเป็นการคำนวณการกระจายอุณหภูมิของข้าวเปลือกภายในถังเก็บข้าวเปลือกโดยที่ไม่มีการระบายความร้อน และส่วนที่สองจะเป็นการคำนวณการกระจายอุณหภูมิของข้าวเปลือกภายในถังเก็บข้าวเปลือกที่มีการระบายความร้อนโดยการใช้ท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบ ซึ่งแบบจำลองจะทำการคำนวณซ้ำจนครบตามจำนวนระยะเวลาที่ป้อนไว้ จากนั้นแบบจำลองจะแสดงผลการกระจายอุณหภูมิของข้าวเปลือกแล้วนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ต่อไป

ในการคำนวณอุณหภูมิของข้าวเปลือกของแบบจำลองจะมีสมการประจำตำแหน่งของแต่ละจุดบนระนาบ (i,j) ดังภาพ 17 ซึ่งสามารถเขียนสมการให้อยู่ในรูปของ finite difference ได้ ยกตัวอย่างเช่น ที่ตำแหน่ง i,j สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 26

$$T_{i,j}^{t+1} = T_{i,j}^t + \frac{\Delta t}{\rho c_p V} \left\{ k_{eff} \left[\left(\pi \left[\left[\left((i-1) + \frac{1}{2} \right) \Delta r \right]^2 - \left[\left((i-2) + \frac{1}{2} \right) \Delta r \right]^2 \right] \right) \left(\frac{T_{i,j+1}^t - 2T_{i,j}^t + T_{i,j-1}^t}{\Delta z} \right) + \left(2\pi \left((i-2) + \frac{1}{2} \right) \Delta r \Delta z \right) \left(\frac{T_{i-1,j}^t - T_{i,j}^t}{\Delta r} \right) + \left(2\pi \left((i-1) + \frac{1}{2} \right) \Delta r \Delta z \right) \left(\frac{T_{i+1,j}^t - T_{i,j}^t}{\Delta r} \right) \right] + Q_{Paddy} - Q_{CLOHP} \right\} \quad (26)$$

และสมการการคำนวณอุณหภูมิของข้าวเปลือกที่ตำแหน่งอื่นๆจะแสดงในส่วนของภาคผนวก ข สมการที่ใช้ของการคำนวณอุณหภูมิของข้าวเปลือกในแต่ละตำแหน่ง



ภาพ 18 ขั้นตอนการคำนวณอุณหภูมิภายในถังเก็บข้าวเปลือกของแบบจำลองการกระจายอุณหภูมิของข้าวเปลือก

การทดลองลักษณะการกระจายอุณหภูมิของข้าวเปลือกภายในถังเก็บข้าวเปลือก

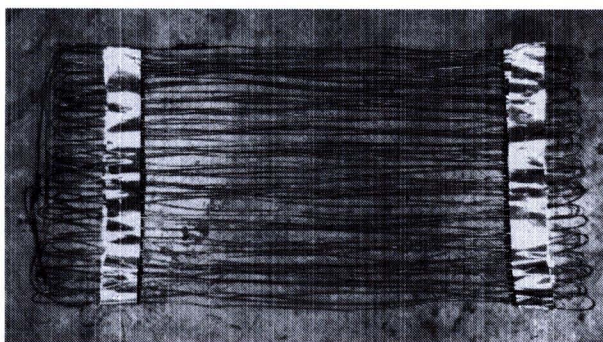
ในการทดลองการกระจายอุณหภูมิของข้าวเปลือกภายในถังเก็บข้าวเปลือกนี้จะมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

1. ติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อทำการทดลอง ซึ่งประกอบไปด้วย

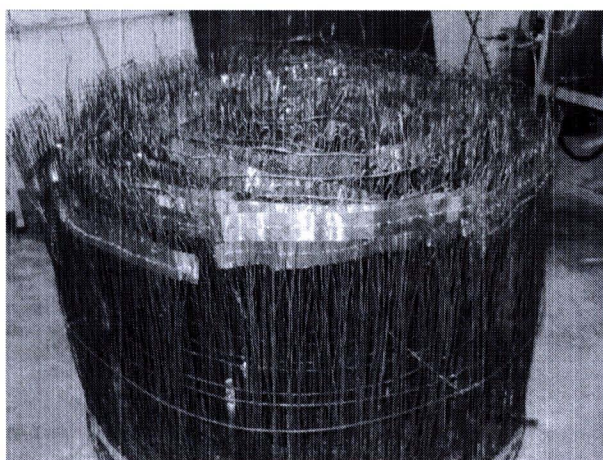
1.1 ถังเก็บข้าวเปลือกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.4 เมตร และสูง 0.65 เมตร

1.2 ข้าวเปลือกน้ำหนัก 500 กิโลกรัม ที่มีความชื้นเท่ากับ 26 และ 14 % มาตรฐานเปียก

1.3 ท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบ นำท่อคาปิลลารีทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 0.0014 เมตร ขดไปมาให้มีลักษณะดังภาพ 19 และมีจำนวนโค้งเลี้ยว 33 โค้งเลี้ยวต่อชุด ซึ่งใช้ทั้งหมด 32 ชุด จากนั้นนำมาจัดเรียงให้มีลักษณะเป็นชุดดังภาพ 20



ภาพ 19 ท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบ



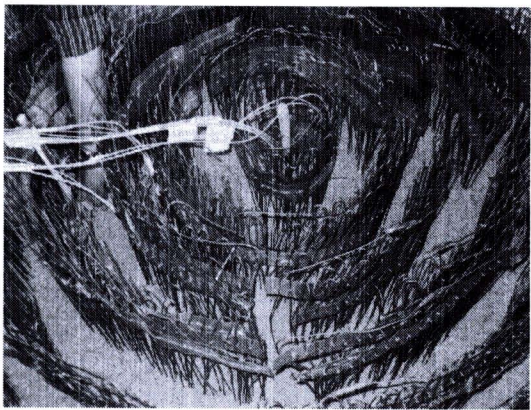
ภาพ 20 ลักษณะชุดท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบ

1.4 เครื่องบันทึกข้อมูลและคอมพิวเตอร์ การทดลองจะใช้เครื่องบันทึกข้อมูลเป็นอุปกรณ์ในการช่วยบันทึกค่าอุณหภูมิของข้าวเปลือกและอากาศแวดล้อมในแต่ละช่วงเวลาไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์

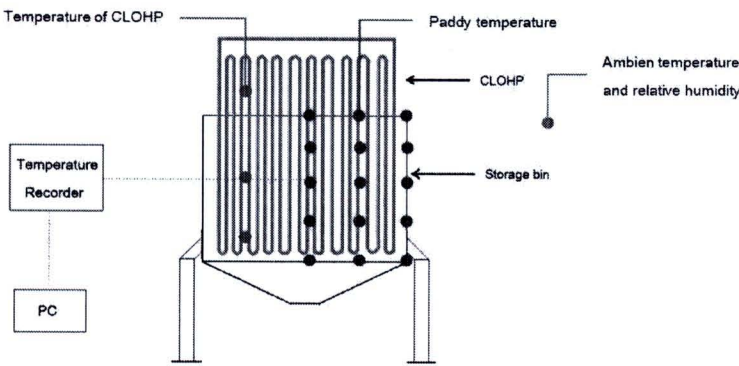
2. ขั้นตอนการทดลองโดยจะแบ่งออกเป็น 2 แบบหลักๆดังนี้

2.1 การเก็บรักษาข้าวเปลือกที่ไม่มีการระบายความร้อนออกจากข้าวเปลือกความชื้นข้าวเปลือก 26 และ 14 % มาตรฐานเปียก ตามลำดับ โดยจะนำข้าวเปลือกบรรจุลงในถังเก็บข้าวเปลือกแล้วทำการบันทึกค่าอุณหภูมิของข้าวเปลือกและอากาศแวดล้อมทุกๆ 30 นาที โดยจะทำการทดลองเป็นระยะเวลา 60 ชั่วโมง และบันทึกความชื้นข้าวเปลือกทุกๆ 6 ชั่วโมง

2.2 การเก็บรักษาข้าวเปลือกที่ใช้ท่อความร้อนแบบส่นวงรอบในการระบายความร้อนที่ความชื้นข้าวเปลือก 26 และ 14 % มาตรฐานเปียกตามลำดับ ในการทดลองนี้จะมีชุดท่อความร้อนแบบส่นวงรอบนำมาติดตั้งภายในถังเก็บข้าวเปลือกดังภาพ 21 และ 22 ซึ่งการบันทึกข้อมูลและระยะเวลาจะเหมือนกับการทดลองข้างต้นที่ได้กล่าวมา โดยจะมีการบันทึกอุณหภูมิส่วนทำระเหยและส่วนควบแน่นของท่อความร้อนแบบส่นวงรอบเพื่อนำมาวิเคราะห์การทำงานของท่อความร้อนแบบส่นวงรอบต่อไป



ภาพ 21 การติดตั้งชุดท่อความร้อนแบบส่นวงรอบภายในถังเก็บข้าวเปลือก



ภาพ 22 ลักษณะโดยรวมของการติดตั้งชุดทดลองแบบที่ใช้ท่อความร้อนแบบส่นวงรอบ

3. นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์โดยจะแบ่งออกเป็น 3 แบบดังนี้

3.1 การเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิของข้าวเปลือกที่ได้จากการทดลองของการเก็บรักษาข้าวเปลือกแบบที่ไม่มีการระบายความร้อนและการเก็บรักษาข้าวเปลือกแบบที่มีการระบายความร้อนโดยใช้ท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบทั้ง 26 และ 14 % มาตรฐานเปียก

3.2 การเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิของข้าวเปลือกที่ได้จากแบบจำลองของการเก็บรักษาข้าวเปลือกแบบที่ไม่มีการระบายความร้อนและการเก็บรักษาข้าวเปลือกแบบที่มีการระบายความร้อนโดยใช้ท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบทั้ง 26 และ 14 % มาตรฐานเปียก

3.3 การวิเคราะห์ถึงลักษณะของการกระจายอุณหภูมิของข้าวเปลือกภายในถังเก็บข้าวเปลือกของการเก็บรักษาข้าวเปลือกแบบที่ไม่มีการระบายความร้อนและแบบที่มีการระบายความร้อนโดยใช้ท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบของแบบจำลองทั้ง 26 และ 14 % มาตรฐานเปียก

4. สรุปผลการทดลอง

5. จัดทำรายงานและเผยแพร่ผลงานวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

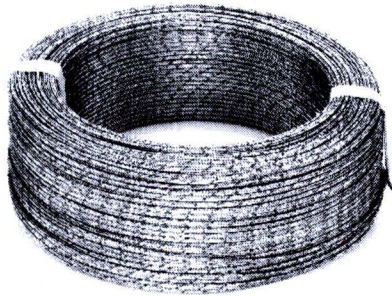
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมีดังนี้

1.. เครื่องบันทึกข้อมูล ที่ใช้ในการทดลองเพื่อวัดอุณหภูมิของข้าวเปลือกและอากาศแวดล้อม ยี่ห้อ Agilent รุ่น 34972A ดังภาพ 23 มีช่วงการวัดระหว่าง -100 องศาเซลเซียส ถึง 1,200 องศาเซลเซียส ความแม่นยำในการบันทึกข้อมูล ± 0.03 องศาเซลเซียส และความละเอียดในการวัดเป็น 1.0 องศาเซลเซียส



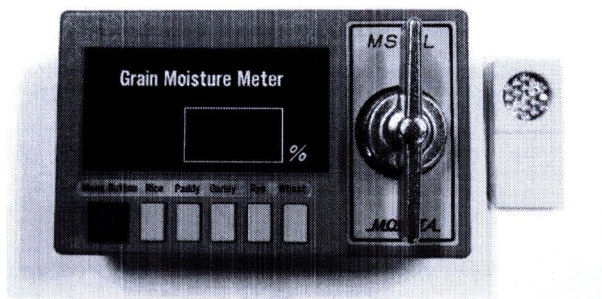
ภาพ 23 เครื่องบันทึกข้อมูล Agilent 34972A

2. สายเทอร์โมคัปเปิล ซึ่งในการทดลองได้ใช้สายเทอร์โมคัปเปิลชนิด เค (Type K) แบบ หุ้มฉนวน ยี่ห้อ TaiSheng ดังภาพ 24 มีช่วงการวัดอุณหภูมิอยู่ระหว่าง -25 องศาเซลเซียส ถึง 200 องศาเซลเซียส และมีค่าความแม่นยำ ± 1.0 องศาเซลเซียส



ภาพ 24 สายเทอร์โมคัปเปิล ชนิด K แบบหุ้มฉนวน

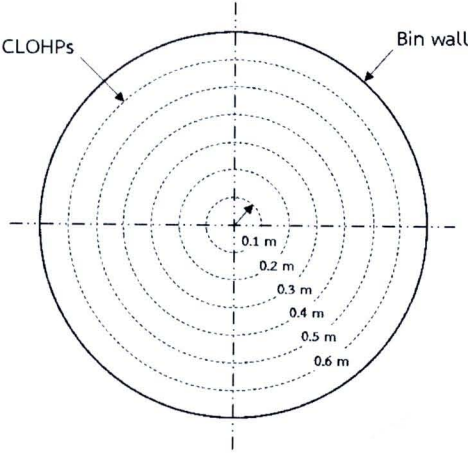
3. เครื่องวัดความชื้นข้าวเปลือก เป็นเครื่องวัดความชื้นข้าวเปลือกแบบบิตเกลียว ยี่ห้อ Morita รุ่น MS-3L ดังภาพ 25



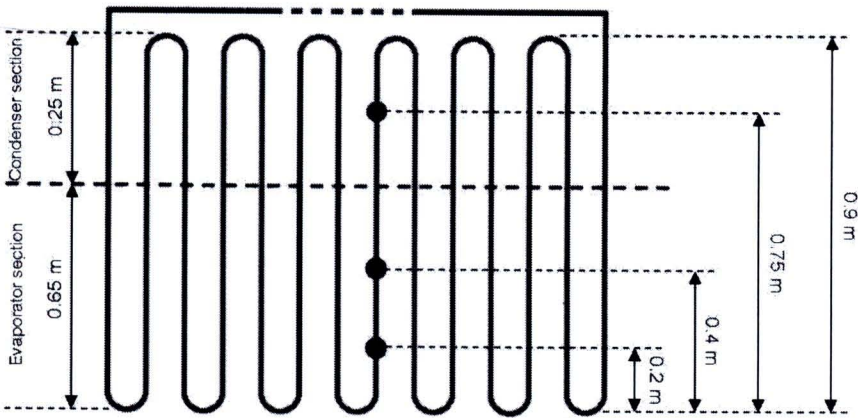
ภาพ 25 เครื่องวัดความชื้นข้าวเปลือก Morita MS-3L

การติดตั้งอุปกรณ์และเครื่องมือวัด

การติดตั้งตำแหน่งจุดวัดอุณหภูมิของข้าวเปลือกใช้ทั้งหมด 15 จุด เพื่อศึกษาการกระจายอุณหภูมิของข้าวเปลือกเมื่อเวลาเปลี่ยนไปที่แต่ละความสูงและรัศมีภายในถังเก็บข้าวเปลือก ซึ่งมีลักษณะดังภาพ 26

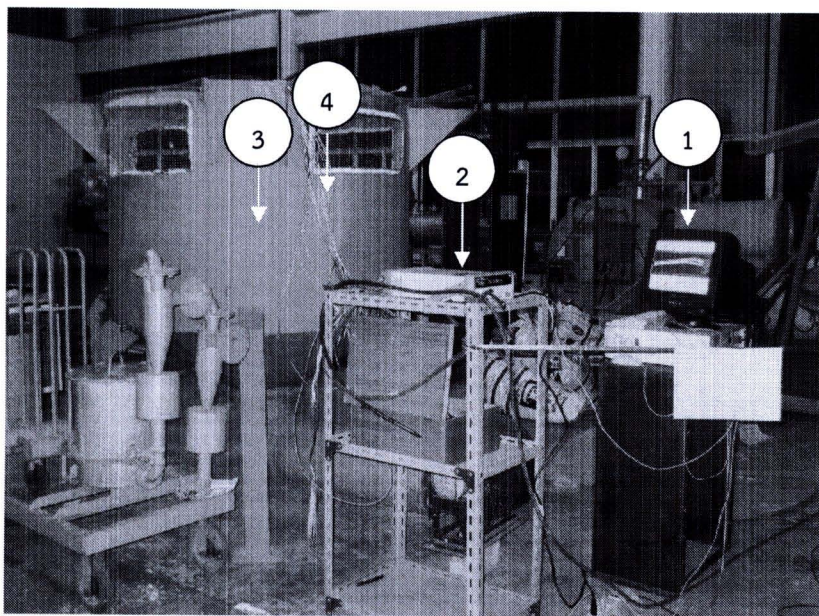


ภาพ 27 ตำแหน่งการติดตั้งและระยะห่างของท่อความร้อนแบบส้นวงรอบ



ภาพ 28 ตำแหน่งจุดวัดอุณหภูมิของส่วนทำระเหยและส่วนควบแน่นบนท่อความร้อนแบบส้นวงรอบ

จากภาพ 29 จะแสดงตำแหน่งในการวางอุปกรณ์ต่างๆของการทดลองโดยที่หมายเลข 1 เป็นคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการบันทึกข้อมูลของอุณหภูมิของข้าวเปลือกและอุณหภูมิแวดล้อม หมายเลข 2 เป็นเครื่องบันทึกข้อมูลซึ่งทำหน้าที่ส่งข้อมูลที่ได้จากการวัดค่าอุณหภูมิของสายเทอร์โมคัปเปิลไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อบันทึกข้อมูล หมายเลข 3 เป็นถังที่ใช้ในการทดลองซึ่งมีลักษณะเป็นทรงกระบอกสร้างมาจากโลหะ และหมายเลข 4 เป็นสายเทอร์โมคัปเปิลซึ่งใช้ในการวัดอุณหภูมิของข้าวเปลือกและอุณหภูมิของอากาศแวดล้อม



ภาพ 29 การติดตั้งอุปกรณ์ทดลองของการเก็บรักษาข้าวเปลือกที่ไม่มีการระบายความร้อน