บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาของปัญหา

ข้าวเป็นพืชอาหารที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทยที่นิยมรับประทานเป็นอาหารประจำวัน การเก็บรักษา การผลิต การบริโภคและการค้าข้าวส่วนใหญ่จึงเป็นกลุ่มที่อยู่ในทวีปเอเชีย โดยประเทศไทยมีบทบาทมากในการส่งออกข้าว โดยการเก็บรักษาข้าวนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างมากเพื่อรักษาคุณภาพของข้าวไว้ให้มีสภาพที่ดี ซึ่งจะส่งผลต่อราคาของข้าวที่จะนำไปขายต่อไป

การเสื่อมสภาพของข้าวเปลือกในระหว่างการเก็บรักษาเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นจากการหายใจของข้าวเปลือกเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งจะส่งผลให้อุณหภูมิและความชื้นภายในกองข้าวเปลือกที่ทำการเก็บรักษาเพิ่มสูงขึ้นซึ่งสามารถดูได้จากสมการการหายใจของข้าวเปลือกต่อไปนี้

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 2.831(MJ) \qquad (1)$$

จากปฏิกิริยาเคมีข้างต้นจะพบว่า หลังจากที่มีการทำปฏิกิริยาเคมีของกลูโคสและออกซิเจนแล้วจะมีความร้อนจำนวนหนึ่งออกมาซึ่งความร้อนจำนวนนี้เป็นตัวกำหนดปริมาณของไอน้ำในข้าวเปลือกหรือที่เรียกว่า ความชื้น โดยที่ความชื้นนี้จะกระตุ้นให้กระบวนการหายใจของข้าวเปลือกเกิดมากขึ้นซึ่งจะทำให้เกิดการสะสมของความร้อนในข้าวเปลือกมากขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นเพื่อเป็นการรักษาคุณภาพข้าวเปลือกจึงต้องมีการระบายความร้อนจำนวนนี้ออกจากข้าวเปลือกเพื่อให้มีอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสม ซึ่งจากตารางที่ 1 จะแสดงระยะเวลาที่ปลอดภัยสำหรับการเก็บรักษาข้าวเปลือกโดยเป็นความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของข้าวเปลือกกับอุณหภูมิในการเก็บรักษา

ตาราง 1 ระยะเวลาที่ปลอดภัย (สัปดาห์) ในการเก็บรักษาข้าวเปลือกที่ความชื้นข้าวเปลือกและอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่างๆ [30]

ความชื้น (%)	อุณหภูมิในการเก็บรักษา (องศาเซลเซียส)				
	15	20	25	30	35
14	40	18	8	4	1
16	19	9	4	2	-
18	9	4	2	1	-
20	5	2	1	-	-

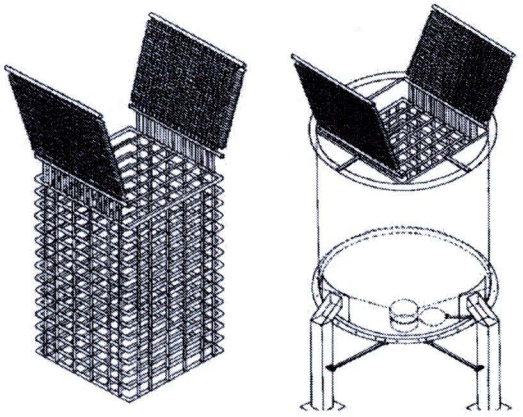
จะเห็นได้ว่าความชื้นและอุณหภูมิของข้าวเปลือกมีผลต่อระยะเวลาในการเก็บรักษา โดยข้าวเปลือกที่มีความชื้นต่ำและมีการเก็บในที่อุณหภูมิต่ำจะสามารถเก็บรักษาข้าวเปลือกได้เป็นระยะเวลานาน ดังตาราง 1 ที่ความชื้นของข้าวเปลือก 14 % และอุณหภูมิในการเก็บรักษา 15 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาข้าวเปลือกไว้ได้โดยไม่เกิดความเสียหายเป็นระยะเวลา 40 สัปดาห์

ในการเก็บรักษาข้าวเปลือกที่มีการควบคุมทั้งอุณหภูมิและความชื้นเป็นวิธีที่ดีที่สุดในการเก็บรักษาที่ไม่ให้เกิดความเสียหายแก่ข้าวเปลือกแต่เนื่องจากต้นทุนในการสร้างสถานที่เก็บรักษาและค่าใช้จ่ายทางด้านไฟฟ้ามากจึงมีวิธีการเก็บรักษาอีกวิธีหนึ่งคือ การเก็บรักษาข้าวเปลือกในสภาพที่มีการควบคุมอุณหภูมิเพียงอย่างเดียวเป็นวิธีที่เหมาะสำหรับการเก็บรักษาข้าวเปลือกโดยทั่วไปเพราะมีประสิทธิภาพที่ดีและมีการลงทุนที่ไม่สูงมากเมื่อมีการเก็บรักษาข้าวเปลือกในปริมาณมากๆ สำหรับการเก็บรักษาข้าวเปลือกในสภาพที่มีการควบคุมอุณหภูมิเพียงอย่างเดียวนั้นมีวิธีการระบายความร้อนที่เป็นที่นิยมใช้กันมาก คือ วิธีการใช้พัดลมเป่า ซึ่งจะเห็นได้ว่ายังต้องมีการเสียค่าใช้จ่ายในส่วนของค่าไฟฟ้าในแต่ละเดือนเพื่อทำให้อุณหภูมิของข้าวเปลือกอยู่ในช่วงที่ปลอดภัยได้

และเพื่อเป็นการลดต้นทุนทางด้านค่าไฟฟ้าจึงได้มีการศึกษาในการนำท่อความร้อนมาใช้ โดยท่อความร้อน (Heat pipe) เป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบปิดสองสถานะที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งทำมาจากท่อโลหะ ภายในท่อจะประกอบด้วยวัสดุพรุน (Wick) และสารทำงาน (Working fluid) โดยท่อความร้อนแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนทำระเหย (Evaporator section) ส่วนควบแน่น (Condenser section) และส่วนที่ไม่มีการถ่ายเทความร้อน (Adiabatic section)

ซึ่งหลักการทำงานของท่อความร้อนจะเกิดขึ้นเมื่อมีการให้ความร้อนที่ส่วนทำระเหย จากนั้นสารทำงานที่เป็นของเหลวจะกลายเป็นไอทำให้ไหลหรือลอยตัวไปยังส่วนควบแน่นและเมื่อสารทำงานมาถึงส่วนควบแน่นซึ่งเป็นบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าจึงมีการถ่ายเทความร้อนออก จากนั้นสารทำงานก็จะเปลี่ยนสถานะกลับมาเป็นของเหลวไหลไปยังส่วนทำระเหยอีกครั้งโดยอาศัยแรงคาปิลลารีผ่านวัสดุพรุนหรือแรงโน้มถ่วงของโลกและจะทำงานเช่นนี้เป็นวัฏจักร

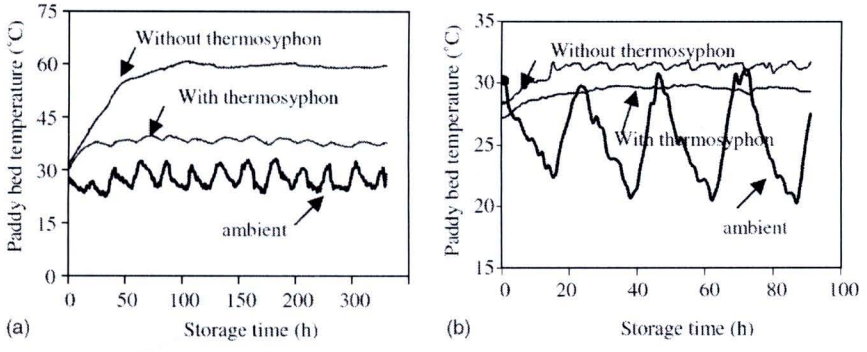
จึงทำให้มีการนำมาใช้ในงานวิจัยเกี่ยวกับการระบายความร้อนออกจากข้าวเปลือกและเป็นท่อความร้อนแบบที่ไม่มีวัสดุพรุนโดย Nuthawuth Dussadee and Tanongkiat Kiatsiriroat (2004, 2007) [9,10] ซึ่งได้ศึกษาเกี่ยวกับการวิเคราะห์สมรรถนะของท่อเทอร์โมไซฟอนในการระบายความร้อนออกจากถังเก็บข้าวเปลือก โดยท่อเทอร์โมไซฟอนทำมาจากชุดท่อทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว และใช้ R22 เป็นสารทำงาน ถังเก็บข้าวเปลือกทำจากเหล็กรูปทรงกระบอกซึ่งบรรจุข้าวเปลือกจำนวน 1000 กิโลกรัม โดยส่วนทำระเหยของท่อเทอร์โมไซฟอนจะอยู่ในข้าวเปลือกและมีพื้นที่ถ่ายเทความร้อน 8.5 ตารางเมตร และส่วนควบแน่นมีพื้นที่ 12.2 ตารางเมตร โดยใช้อากาศแวดล้อมระบายความร้อนซึ่งแสดงดังภาพ 1



ภาพ 1 ชุดท่อเทอร์โมไซฟอนในการระบายความร้อนออกจากถังเก็บข้าวเปลือก [9]

ในการศึกษาพบว่าจากผลการทดลองในภาพ 2 (a) ในการเก็บรักษาข้าวเปลือกที่ความชื้นข้าวเปลือก 26.9 % มาตรฐานเปียก โดยไม่มีการติดตั้งท่อเทอร์โมไซฟอนอุณหภูมิของข้าวเปลือกจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจาก 32 เป็น 55 องศาเซลเซียส ภายในระยะเวลา 50 ชั่วโมง และจากนั้นจะเริ่มคงที่เท่ากับ 60 องศาเซลเซียส แต่เมื่อมีการติดตั้งท่อเทอร์โมไซฟอน พบว่าอุณหภูมิข้าวเปลือกลดลงเหลือ 38 องศาเซลเซียสที่เวลา 300 ชั่วโมงเช่นเดียวกัน และภาพ 2 (b) ที่ความชื้นข้าวเปลือก 13.5 % มาตรฐานเปียก ในการใช้ท่อเทอร์โมไซฟอนในการควบคุมอุณหภูมิข้าวเปลือก

สามารถรักษาอุณหภูมิให้เหลือ 28 - 29 องศาเซลเซียสได้ โดยเมื่อเปรียบเทียบกับการเก็บรักษาที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิข้าวเปลือกจะมีอุณหภูมิ 31 - 32 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาผ่านไป 100 ชั่วโมง [10] ซึ่งจากงานวิจัยที่ได้กล่าวมาจะเห็นได้ว่าท่อความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอนสามารถนำมาใช้ในการระบายความร้อนออกจากข้าวเปลือกได้



ภาพ 2 การเปรียบเทียบอุณหภูมิข้าวเปลือกโดยใช้และไม่ใช้ท่อเทอร์โมไซฟอน [9]

(a) **ความชื้น** 26.9 % **มาตรฐานเปียก**

(b) **ความชื้น** 13.5 % **มาตรฐานเปียก**

แต่เนื่องจากลักษณะรูปแบบของท่อความร้อนที่ใช้ในการทดลองดังภาพ 1 จะเห็นได้ว่าการออกแบบชุดท่อเทอร์โมไซฟอนยังมีความยุ่งยากในการสร้างชุดท่อเทอร์โมไซฟอน และยังมีข้อจำกัดของการใช้งาน ทั้งนี้ในการออกแบบการสร้างชุดท่อเทอร์โมไซฟอนยังไม่มีทฤษฎีมารองรับ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะนำท่อความร้อนอีกชนิดหนึ่งเข้ามาใช้แทนท่อเทอร์โมไซฟอนคือท่อความร้อนแบบสั่น ซึ่งท่อความร้อนชนิดนี้ถูกค้นพบโดย Akachi (1990) [12] โดยท่อความร้อนแบบสั่นนี้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่เล็กกว่าท่อเทอร์โมไซฟอนจึงทำให้ท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบมีพื้นที่ผิวสัมผัสในการนำความร้อนมากกว่าท่อเทอร์โมไซฟอนเมื่อเปรียบเทียบในปริมาตรของท่อที่เท่ากัน และข้อดีของท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบคือ มีการสร้างที่ง่ายมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับท่อความร้อนแบบธรรมดาหรือท่อเทอร์โมไซฟอนของงานวิจัย [9] ซึ่งเป็นท่อที่มีขนาดเล็กสามารถขดหรือทำให้เป็นลักษณะต่างๆได้ง่ายจึงมีรูปแบบการติดตั้งที่หลากหลายมากกว่า ความยืดหยุ่นในการนำไปใช้ พื้นที่ในการติดตั้งท่อความร้อนแบบสั่นน้อย สมรรถนะการถ่ายเทความร้อนสูง ไม่จำเป็นต้องใช้พลังงานทางด้านไฟฟ้าในการทำให้ท่อความร้อนแบบสั่นทำงานได้ การดูแลรักษาน้อย อุณหภูมิในการใช้งานมีช่วงกว้างและสามารถทำงานได้แม้อุณหภูมิระหว่างแหล่งให้ความร้อนกับแหล่งรับความร้อนต่างกันไม่มาก จากข้อดีของท่อความร้อนแบบสั่น

จึงนำมาสู่การศึกษาการระบายความร้อนถังเก็บข้าวเปลือกด้วยท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบ โดยการศึกษานี้เป็นการใช้วิธีการเก็บรักษาข้าวเปลือกแบบที่มีการควบคุมอุณหภูมิเพียงอย่างเดียว

จุดมุ่งหมายของการศึกษา

1. พัฒนาโปรแกรมจำลองการกระจายอุณหภูมิของข้าวเปลือกในถังเก็บข้าวเปลือกที่มีการระบายความร้อนโดยการใช้ท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบ
2. เปรียบเทียบผลที่ได้จากแบบจำลองกับผลของการทดลองในการเก็บรักษาข้าวเปลือกด้วยท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบ

ขอบเขตของงานวิจัย

โครงงานวิจัยนี้เป็นการเขียนโปรแกรมจำลองการกระจายอุณหภูมิของข้าวเปลือกภายในถังเก็บข้าวเปลือกและทดลองการกระจายอุณหภูมิของข้าวเปลือกในถังเก็บข้าวเปลือกที่มีการระบายความร้อนโดยการใช้ท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบ โดยกำหนดขอบเขตดังนี้

1. ข้าวเปลือกน้ำหนัก 500 กิโลกรัม
2. ความชื้นข้าวเปลือก 26 และ 14 % มาตรฐานเปียก
3. มีการระบายความร้อนในส่วนควบแน่นของท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบโดยใช้การพาความร้อนแบบธรรมชาติของอากาศแวดล้อม
4. ถังเก็บข้าวเปลือกเป็นถังทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.4 เมตร และความสูง 0.65 เมตร
5. ท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบสร้างจากท่อคาปิลลารีทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1.4 มิลลิเมตร
6. สารทำงานภายในท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบคือ สารทำความเย็น R134a

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้โปรแกรมจำลองการกระจายอุณหภูมิของข้าวเปลือกในถังเก็บที่มีการระบายความร้อนโดยใช้ท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบ
2. ได้ผลจากโปรแกรมจำลองเป็นไปตามผลที่ได้จากการทดลองในการเก็บรักษาข้าวเปลือกด้วยท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบ