

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

การศึกษาการพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนด้วยรังสีอินฟราเรด ในครั้งนี้เป็นการศึกษาแนวความคิดหลักทางวิศวกรรม ทฤษฎี เอกสาร และงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุง ซึ่งสามารถรวบรวมได้ตามลำดับ ดังนี้

2.1 เครื่องอบแห้งแบบลมร้อน

กอบพัชรกุล (2550) กล่าวถึงลักษณะการทำงานโดยทั่วไปเป็นเครื่องอบแห้งแบบชั้นมีลักษณะเป็นตู้สูงทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าภายในอาจวางถาดได้หลายชั้น มีส่วนประกอบดังนี้

1. ตู้เหล็กฉนวนทรงสูง รูปร่างสี่เหลี่ยมผืนผ้า ภายในวางถาดอาหารที่จะอบแห้งได้ 5 ถึง 8 ชั้น (ในอุตสาหกรรมอาจใช้ตู้ใหญ่มีจำนวนชั้นเป็นสิบ ๆ ชั้น)
2. ถาดที่ใช้วางอาหารควรทำด้วยสแตนเลส
3. มอเตอร์ (เพื่อทำหน้าที่หมุนเวียนลมร้อน)
4. ขดลวดร้อนที่ให้ความร้อนสูงเกิน 100 องศาเซลเซียส (อาจใช้ไอน้ำหรือแก๊สเป็นแหล่งของความร้อนก็ได้)
5. เครื่องควบคุมอุณหภูมิภายในตู้

2.1.1 ระบบการทำงาน

เครื่องอบแห้งแบบลมร้อน เป็นเครื่องมืออบแห้งลมร้อนแบบไม่ต่อเนื่อง ซึ่งทำงานที่บรรยากาศปกติลักษณะของเครื่องมือจะเป็นตู้บุด้วยฉนวน มีถาดสำหรับใส่อาหารเรียงเป็นชั้นอยู่ในตู้ ลมร้อนจะถูกบังคับให้หมุนเวียนโดยพัดลม การหมุนเวียนของอากาศจะเป็นแบบแนวนอนขนานกับถาดใส่อาหารหรือในแนวตั้งผ่านทะลุถาดใส่อาหาร ความเร็วของลมร้อนที่นิยมใช้สำหรับการเคลื่อนที่ในแนวนอนคือ 2 ถึง 5 เมตรต่อวินาที ส่วนการเคลื่อนที่ในแนวตั้งนิยมใช้ปริมาณอากาศร้อน 0.5 ถึง 1.25 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีต่อตารางเมตร ของพื้นที่หน้าตัดของถาด แหล่งความร้อนที่ใช้อาจเป็นการเผาไหม้ของก๊าซ ไอน้ำ หรือจากขดลวดให้ความร้อน

เนื่องจากการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดเป็นการอบที่ความดันบรรยากาศ อุณหภูมิของลมร้อนที่ใช้สำหรับพาความร้อนขึ้นมาจากวัตถุดิบค่อนข้างสูง ขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารที่จะอบ ดังนั้นวัตถุดิบควรเป็นประเภทที่ไม่ไวต่อความร้อนและเป็นวัตถุดิบที่หาง่าย ราคาไม่แพง เพื่อการเพิ่มมูลค่าการตลาด สำหรับข้อดีของตู้อบแห้งแบบถาดคือ เสียค่าใช้จ่ายในการสร้างและการบำรุงรักษาต่ำและมีความยืดหยุ่นของการใช้งานสูง และนิยมใช้ในการอบแห้งผักและผลไม้ นอกจากนี้ยังนิยมใช้ในกระบวนการผลิตในโรงงานขนาดเล็ก แต่เนื่องจากเป็นวิธีดั้งเดิมในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีการให้ความร้อนสูงและใช้เวลานาน จึงเกิดข้อเสียต่อผลิตภัณฑ์ที่ได้คือ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเนื้อสัมผัส สี กลิ่น รสชาติและคุณค่าทางโภชนาการเสียไป

2.2 คลื่นอินฟราเรด

คลื่นรังสีอินฟราเรดหรือคลื่นรังสีความร้อนนั้น ถูกค้นพบโดยนักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษ คือ Sir William Herschel ซึ่งได้ค้นพบ รังสีอินฟราเรดสเปกตรัม (Infrared Ray) ในปี ค.ศ. 1800

ขณะที่ เฮอเซล กำลังติดตามศึกษาดวงอาทิตย์อยู่ในกล้องดูดาว ต้องมีการใช้เลนส์กรองแสง ซึ่งทำเป็นสีต่างๆ เฮอเซล ต้องการทราบว่า ในเลนส์แต่ละสี จะเปลี่ยนค่าแสดงความร้อนของดวงอาทิตย์หรือไม่ ท่านจึงประดิษฐ์อุปกรณ์การทดลองอย่างง่าย ๆ เพื่อหาคำตอบ ซึ่งนับเป็นวิธีทดลองที่หลักแหลมเป็นอย่างมากท่านใช้ปริซึมแยกแสง แล้วให้แสงต่างๆมาตกที่เทอร์โมมิเตอร์ ซึ่งหาซื้อได้ที่กะเปาะ เพื่อให้ดูความร้อนดียิ่งขึ้น ความเป็นนักวิทยาศาสตร์ที่ละเอียดถี่ถ้วนเป็นนิสัยประจำตัว ท่านก็ตั้งเทอร์โมมิเตอร์ตัวหนึ่งนอกเหนือจากแสงสีต่าง ๆ นั้น เพื่อเป็นตัวควบคุมการทดลอง ปรากฏว่า แสงสีต่าง มีอุณหภูมิสูงกว่าแสงสีขาว และอุณหภูมิสูงขึ้นจาก สีม่วง ไปหาสีแดง เฮอเซล จึงเกิดความอยากรู้อยากมา แล้ววัดแถบเหนือแสงสีแดงขึ้นไปที่ไม่ปรากฏมีสีอะไร ดูเหมือนแสงอาทิตย์ธรรมดาเท่านั้นเอง แต่ เฮอเซล ก็ประหลาดใจเป็นอย่างยิ่ง เมื่อปรากฏว่า เทอร์โมมิเตอร์ ตัวที่อยู่นอกเหนือจากแสงสีแดงนั้น กลับวัดได้อุณหภูมิสูงกว่าทุกตัว เฮอเซล จึงทำการทดลองต่อไป ก็พบว่า ส่วนของแสงที่มองไม่เห็นแต่ร้อนกว่าสีแดงนี้ มีคุณสมบัติทางกายภาพเช่นเดียวกับคลื่นแสงที่มองเห็นได้ทุกประการ เช่น การหักเห การดูดซับ ส่องผ่านหรือไม่ผ่านตัวกลาง ฯลฯ ในตอนแรก ท่านเรียกแสงนี้ว่า Calorific rays ซึ่งก็เช่นเดิมที่การตั้งชื่อของท่านไม่ค่อยจะเป็นที่ถูกใจใครเท่าไรนัก รังสีที่ถูกค้นพบใหม่นี้ ก็ถูกเปลี่ยนชื่อไปเป็น " รังสีอินฟราเรด " (นิรนาม, 2547)

สายตาของมนุษย์นั้นธรรมชาติได้ออกแบบให้สามารถมองเห็นคลื่นได้ในระดับหนึ่งหรือเรียกว่า "รังสีการมองเห็น" (Visible Light) โดยจะอยู่ในรูปของความสว่าง จากรูปที่ 2 จะเห็นได้ว่าเราสามารถมองเห็นรังสีในย่านแคบ ๆ เท่านั้น หรือเรียกว่าย่านสเปกตรัมแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งถ้ามองด้านซ้ายของสเปกตรัมแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Spectrum) ก็จะติดกับย่านรังสีอัลตราไวโอเล็ต ซึ่งมนุษย์ไม่สามารถมองเห็นในย่านนี้และส่วนด้านขวาของสเปกตรัมแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Spectrum) ก็จะติดกับย่านรังสีอินฟราเรด (Infrared Ray) ซึ่งเราก็ไม่สามารถมองเห็นเช่นกัน

รังสีอินฟราเรด (Infrared, IR) มีชื่อเรียกอีกชื่อว่า รังสีใต้แดง หรือรังสีความร้อน เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นอยู่ระหว่างคลื่นวิทยุและแสงมีความถี่ในช่วง 10¹¹ ถึง 10¹⁴ เฮิรตซ์ มีความถี่ในช่วงเดียวกับไมโครเวฟ มีความยาวคลื่นอยู่ระหว่างแสงสีแดงกับคลื่นวิทยุ สสารทุกชนิดที่มีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง -200 องศาเซลเซียส ถึง 4,000 องศาเซลเซียส จะปล่อยรังสีอินฟราเรดออกมา คุณสมบัติเฉพาะตัวของรังสีอินฟราเรด เช่น ไม่เบี่ยงเบนในสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ที่แตกต่างกันก็คือคุณสมบัติที่ขึ้นอยู่กับความถี่ คือยิ่งความถี่สูงมากขึ้นพลังงานก็สูงขึ้นด้วย ดังนั้น ปัจจุบันมีการนำคลื่นรังสีอินฟราเรดมาใช้ประโยชน์ในการสร้างกล้องอินฟราเรดที่สามารถมองเห็นวัตถุในความมืดได้

2.3 ฮีตเตอร์อินฟราเรด (Infrared Heater)

ฮีตเตอร์อินฟราเรด เป็นตัวกำเนิดแสงอินฟราเรดซึ่งเป็นแสงที่มีคลื่นยาวที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตามนุษย์ซึ่งรังสีคลื่นความยาวนี้จะทำให้โมเลกุลของวัตถุที่ได้รับรังสีนี้เข้าไปเกิดการสั่น ซึ่งก่อให้เกิดความร้อนขึ้น ซึ่งหลักการนี้จะมีประสิทธิภาพมากเมื่อนำไปประยุกต์ใช้กับวัตถุที่มีโครงสร้างโมเลกุลขนาดใหญ่ หรือวัตถุที่มีโมเลกุลเกาะเรียงกันเป็นแถวยาว เช่น สี กาว อาหาร พลาสติก แล็กเกอร์ (นิรนาม, 2556)

2.3.1 คุณสมบัติของฮีตเตอร์อินฟราเรด

2.3.1.1 เป็นการส่งผ่านความร้อนแบบแผ่รังสี (แบบเดียวกับที่ดวงอาทิตย์ส่งความร้อนมายังโลก) จึงมีประสิทธิภาพสูง ความสูญเสียต่ำ (ประหยัดไฟร้อยละ 30 ถึง 50)

2.3.1.2 สามารถให้ความร้อนกับวัตถุได้ถึงเนื้อในจึงทำให้ประหยัดเวลาได้ 1 ถึง 10 เท่า (การให้ความร้อนแบบการนำ และการพาจะทำให้วัตถุร้อนเฉพาะที่ผิว แล้วค่อย ๆ ซึมเข้าไปเนื้อในจึงใช้เวลามาก)

2.3.1.3 ให้ความปลอดภัยสูง เพราะไม่มีเปลวไฟ และไฟไม่รั่ว

2.3.1.4 ขนาดเล็กกว่าการให้ความร้อนแบบทั่ว ๆ ไป ทำให้ประหยัดเนื้อที่

2.3.2 ชนิดของฮีตเตอร์อินฟราเรด

ระบบการทำความร้อนด้วยฮีตเตอร์อินฟราเรดสามารถแบ่งตามลักษณะการใช้งานได้เป็น 8 ลักษณะ ดังต่อไปนี้

2.3.2.1 ฮีตเตอร์แท่ง (Cartridge Heater)

ฮีตเตอร์แท่ง (Cartridge Heater) คือฮีตเตอร์ที่ใช้ในการอุ่น และให้ความร้อนให้แก่แม่พิมพ์ ชิ้นงานเหล็ก หัวพ่นกาว เครื่องพิมพ์ทอง เครื่องรีดถุงพลาสติก อลูมิเนียม ทองเหลือง หรือโลหะต่างๆ ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งาน เช่น งานบรรจุหีบห่อ งานขึ้นรูป เซรามิกส์ พลาสติก เป็นต้น ดังภาพประกอบ 3 ลักษณะการใช้งานทั่วไปของ ฮีตเตอร์แท่ง (Cartridge Heater) คือ ใส่ไว้ในช่องบนวัตถุ ความร้อนจะถูกส่งผ่านจากฮีตเตอร์ไปยังวัตถุที่ต้องการให้ความร้อน ตัวอย่างงาน เช่น ให้ความร้อนแม่พิมพ์ของเครื่องบรรจุหีบห่อ นอกจากนี้ยังสามารถนำมาใส่เกลียว เพื่อต้มน้ำเคมีกาวในท่อ หรือถาดได้



ภาพประกอบ 3 ฮีตเตอร์แท่ง (Cartridge Heater)

ที่มา : นิรนาม, 2558

2.3.2.2 ฮีตเตอร์ครีป ฮีตเตอร์ท่อกลม (Tubular Heater)

ฮีตเตอร์ครีป ฮีตเตอร์ท่อกลม ดังภาพประกอบ 4 ทำจาก Tubular Heater ที่ตัดเป็นรูปต่างๆ และเพิ่มแผ่นครีปม้วนติดกับท่อฮีตเตอร์ อย่างต่อเนื่องจากปลายด้านหนึ่ง ส่วนของแผ่นครีปที่เพิ่มขึ้นมาจะทำให้ฮีตเตอร์ สามารถถ่ายเทความร้อนได้เร็วขึ้น ส่วนฮีตเตอร์ท่อกลมคือ Tubular Heater ที่ใช้ให้ความร้อนโดยตรง โดยไม่ติดครีป ฮีตเตอร์ครีป ใช้ให้ความร้อนในอากาศ เพื่องานอบแห้ง ไล่ความชื้น อบสี อบขนม อาหาร สามารถใช้คู่กับพัดลม เพื่อกระจายความร้อน ให้

ทั่วพื้นที่ตัวครีบช่วยระบายความร้อนของฮีตเตอร์ ทำให้ฮีตเตอร์ไม่ร้อนเกิน และทำให้อายุการใช้งานยาวนานขึ้น



ภาพประกอบ 4 ฮีตเตอร์ครีบ ฮีตเตอร์ท่อกลม (Tubular Heater)

ที่มา : นิรนาม, 2558

2.3.2.3 ฮีตเตอร์ต้มน้ำ ฮีตเตอร์จุ่ม (Immersion Heater)

ฮีตเตอร์ต้มน้ำ ฮีตเตอร์จุ่มน้ำ (Immersion Heater) เป็นฮีตเตอร์ ที่ออกแบบมาเพื่อใช้กับของเหลว เช่น ต้มน้ำ หรือ อุ่นน้ำมัน ดังภาพประกอบ 5 การติดตั้งสามารถทำได้โดย เชื่อมเกลียวตัวเมียติดกับถังแล้วใส่ฮีตเตอร์ ขนานกับพื้นถัง ควรระวังไม่ให้ส่วนของฮีตเตอร์โผล่พ้นของเหลวร้อนจัดเกินไป ทำให้อายุการใช้งานสั้น และเพื่อให้ความร้อนกระจายไปทั่วถึง ควรติดตั้งใบพัดกวนของเหลวด้วย



ภาพประกอบ 5 ฮีตเตอร์ต้มน้ำ ฮีตเตอร์จุ่ม (Immersion Heater)

ที่มา : นิรนาม, 2558

2.3.2.4 ฮีตเตอร์บอบบี้ (Bobbin Heater)

ฮีตเตอร์บอบบี้สำหรับของเหลว (Bobbin Heater) เป็นฮีตเตอร์แบบจุ่มน้ำชนิดหนึ่ง ซึ่งถูกออกแบบมาสำหรับให้ความร้อนกับของเหลว สามารถเคลื่อนย้ายได้ ดังภาพประกอบ 6 ปลอกฮีตเตอร์สามารถเลือกให้เหมาะสมกับการใช้งาน มีให้เลือกทั้งสแตนเลส และ ควอทซ์ โดยแบบสแตนเลส มีข้อดีคือ เมื่อฮีตเตอร์เสีย สามารถซ่อมได้ และแบบควอทซ์ ใช้สำหรับงานชุบโดยใช้ไฟฟ้า แช่ในกรด หรือ สารละลายภายในตัวฮีตเตอร์บอบบี้แบบเป็นแบบขดลวดให้ความร้อน

สม่ำเสมอ ท่อป้องกันภายนอกทำจากสแตนเลส 304 316 (SUS 316) ทนทานสารเคมี มีขนาดวัตต์ ความยาว ความโตและโวลต์หลากหลายตามการใช้งานทนต่อการกระแทกมากกว่า ฮีตเตอร์ หลอดแก้ว



ภาพประกอบ 6 ฮีตเตอร์บอบบี้ (Bobbin Heater)

ที่มา : นิรนาม, 2558

2.3.2.5 ฮีตเตอร์อินฟราเรด (Infrared Heater)

ลักษณะของ ฮีตเตอร์อินฟราเรด (Infrared Heater) เป็นการส่งผ่านความร้อนแบบแผ่รังสี (เหมือนกับดวงอาทิตย์ส่งความร้อนมายังโลก) ดังภาพประกอบ 7 จึงมีประสิทธิภาพสูง ความสูญเสียต่ำ ประหยัดไฟได้ร้อยละ 30 ถึง 50 สามารถให้ความร้อนวัตถุได้ถึงเนื้อใน จึงทำให้ประหยัดเวลาได้ 1 ถึง 10 เท่า (การให้ความร้อนแบบการพา และการนำความร้อนจะทำให้วัตถุร้อนเฉพาะที่ผิว แล้วค่อยๆ ซึมเข้าไปเนื้อในจึงใช้เวลานาน) มีขนาดเล็กกว่าฮีตเตอร์แบบอื่นๆ ไป ทำให้ประหยัดเนื้อที่ การติดตั้ง และการถอดเปลี่ยนเพื่อซ่อมบำรุงง่าย มีความปลอดภัยสูง เนื่องจากไม่มีเปลวไฟ ตัวเรือนมีความเป็นฉนวนสูง ไฟไม่รั่ว ให้รังสีช่วง 3 ถึง 10 μm . ซึ่งเป็นช่วงที่วัสดุเกือบทุกชนิดสามารถดูดซับรังสีได้ดี



ภาพประกอบ 7 ฮีตเตอร์อินฟราเรด (Infrared Heater)

ที่มา : นิรนาม, 2558

2.3.2.6 ฮีตเตอร์รัดท่อ (Band Heater)

ฮีตเตอร์รัดท่อ (Band Heater, Nozzel Heater) เป็นฮีตเตอร์ที่ได้รับการออกแบบสำหรับรัดท่อ หรือ ถังรูปทรงกระบอก ดังภาพประกอบ 8 ฉนวนของฮีตเตอร์ทำจาก แผ่น Mica และลวดฮีตเตอร์เป็นแบบแบน (Ribbon Wire Heating Element) จึงทำให้ฮีตเตอร์ชนิดนี้มีเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กขนาด 25 มิลลิเมตร หรืออาจใหญ่ถึง 600 มิลลิเมตร ก็ได้ ส่วนความกว้างอยู่ระหว่าง 20 ถึง 300 มิลลิเมตร ตัวถังด้านนอกเป็นแผ่นเหล็กหรือสแตนเลส จึงเหมาะสำหรับให้ความ

ร้อนกับ เหมาะสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตที่ไม่สามารถให้ความร้อน หรือไม่เหมาะที่จะให้ความร้อน กับวัตถุโดยตรงโดยใช้หลักการนำความร้อน ให้ความร้อนคงที่สม่ำเสมอเครื่องฉีดพลาสติก ให้ความร้อนที่ท่อส่งเม็ดพลาสติกเพื่อทำละลาย



ภาพประกอบ 8 ฮีตเตอร์รัดท่อ (Band Heater)

ที่มา : นิรนาม, 2558

2.3.2.7 ฮีตเตอร์แผ่น (Strip Heater)

ฮีตเตอร์แผ่น (Strip Heater) โครงสร้างจะเป็นแบบเดียวกับฮีตเตอร์รัดท่อ แต่รูปทรงจะเป็นแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส หรือ สี่เหลี่ยมผืนผ้า ดังภาพประกอบ 9 ฮีตเตอร์แผ่น เป็นอุปกรณ์ให้ความร้อนกับงานทั่วไป ซึ่งเหมาะสำหรับงานที่ต้องการให้ความร้อนกับงานทั่วไปเช่น เครื่องบรรจุหีบห่อ, มีดตัดพลาสติก, เต้าอบแบบต่างๆ เป็นต้น ที่ต้องการให้ความร้อนอย่างสม่ำเสมอกับชิ้นงาน วัสดุตัวเรือนผลิตจากสแตนเลส มีขดลวดความร้อน พันอยู่ข้างในทนความร้อนสูง ทนทาน อายุการใช้งานยาวนานและแผ่นฉนวน (ไมก้า) สามารถทนความร้อนได้สูงวัสดุภายนอกทำด้วยแผ่นสแตนเลส 304 หรือ ซิงค์ลักษณะแบน แผ่นสี่เหลี่ยม ขั้วไฟมีทั้งแบบออกสาย ออกขั้วเทอร์มินอล เต้าเซรามิก หรือแบบออกปลั๊กตามลักษณะการใช้งาน



ภาพประกอบ 9 ฮีตเตอร์แผ่น (Strip Heater)

ที่มา : นิรนาม, 2558

2.3.2.8 ฮีตเตอร์เส้น ฮีตเตอร์สายไฟ (Cable Heater)

ฮีตเตอร์เส้น ฮีตเตอร์สายไฟ (Cable Heater) ทำงานด้วยหลักการพื้นฐาน โดยการปรับกำลังเอาต์พุตให้เหมาะสมเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น กำลังเอาต์พุตจะลดลง ดังภาพประกอบ 10 ฮีตเตอร์เส้นแบบนี้จะไม่สามารถทำให้เกิดความร้อนสูงได้ ด้วยเหตุนี้จึงเหมาะที่จะประยุกต์ใช้งานเพื่อป้องกันการจับตัวเป็นน้ำแข็งในสภาวะที่อุณหภูมิต่ำๆ หรือนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมทำ

ความเย็น ด้วยโครงสร้างของ Self Regulating จึงสามารถใช้กับท่อและข้อต่อพลาสติกหรือ PVC ต่างๆ ได้อย่างปลอดภัย



ภาพประกอบ 10 ฮีตเตอร์เส้น ฮีตเตอร์สายไฟ (Cable Heater)
ที่มา : นิรนาม, 2558

2.3.3 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการทำความร้อนของฮีตเตอร์อินฟราเรด

การให้ความร้อนจะมีอยู่ 3 วิธีหลัก ๆ คือ การพาความร้อน การนำความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน (นิรนาม, 2556)

2.3.3.1 การพาความร้อน หมายถึง การให้ความร้อนแก่ตัวกลาง (โดยมากเป็นของไหล เช่น อากาศหรือน้ำ) จากนั้นก็พาตัวกลางที่ถูกทำให้ร้อนเคลื่อนที่ไปสู่วัตถุเป้าหมาย ข้อเสียของวิธีนี้คือ ความร้อนของวัตถุเป้าหมายจะขึ้นช้า (ซึ่งหมายถึงจะต้องพึ่งระบบหมุนเวียน ตัวกลาง เช่น พัดลมหรือ ไบพัดกวนของเหลว ในกรณีที่ตัวกลางเป็นของเหลว) และจะมีความสูญเสียความร้อนมาก อย่างไรก็ตามวิธีนี้ก็ยังคงเป็นที่นิยมที่สุด เนื่องจากเป็นระบบที่ง่ายแก่ความเข้าใจ สามารถหาแหล่งความร้อนได้ง่าย เช่น น้ำมัน ก๊าซ หรือฮีตเตอร์ทั่ว ๆ

2.3.3.2 การนำความร้อน หมายถึง ลักษณะคล้ายกับการพาความร้อน แต่จะใช้ตัวกลางที่มีการนำความร้อนได้ดี ซึ่งมักจะเป็นโลหะความร้อนจะถูกนำจากปลายข้างหนึ่งของตัวกลางไปสู่ปลายอีกข้างโดยที่ตัวกลางเองจะไม่เคลื่อนที่ (การพาความร้อนนั้นตัวกลางจะเคลื่อนที่จากแหล่งความร้อนไปสู่วัตถุเป้าหมาย)

2.3.3.3 การแผ่รังสีความร้อน หมายถึง การแผ่รังสีที่มีคลื่นยาวไปยังวัตถุเป้าหมาย ซึ่งแสงคลื่นยาวจะทำให้โมเลกุลของวัตถุเป้าหมายสั่น ซึ่งส่งผลให้เกิดความร้อนขึ้น วิธีการนี้จะเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพที่สุดถ้าเลือกวัตถุเป้าหมายที่เหมาะสม เนื่องจากพลังงานความร้อนประเภทนี้จะอยู่ในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วแสงมายังวัตถุ (แบบเดียวกับการที่ดวงอาทิตย์ส่งความร้อน มายังโลก)

2.3.4 การประยุกต์ใช้งาน

2.3.4.1 ใช้ในการอบแห้งต่างๆ เช่น สี แล็กเกอร์ กาว เมล็ดพันธุ์พืช อีพอกซี

2.3.4.2 ใช้กับอุตสาหกรรมพลาสติก อบพลาสติกให้อ่อนตัวก่อนนำไปเข้าเครื่องเป่า

2.3.4.3 ใช้กับอุตสาหกรรมอาหาร ขนมปัง เบเกอรี่

2.3.4.4 ใช้ในวงการแพทย์ เช่น การอบฆ่าเชื้อ ห้องอบเด็กทารก

2.3.4.5 ใช้กับอุตสาหกรรมเคลือบผิวต่างๆ เช่น เคลือบสี ผิว เซรามิก มีรามีน

2.3.5 ข้อควรระวัง

2.3.5.1 การให้ความร้อนแบบอินฟราเรด สิ่งที่สำคัญที่สุดคือ ตัววัตถุจะต้องดูดซับรังสีได้ดีตั้งนั้น วัตถุบางชนิดที่มีผิวมันวาวหรือมีคุณสมบัติในการสะท้อนแสงได้ดีจะไม่เหมาะกับการให้ความร้อนด้วยวิธีนี้

2.3.5.2 ถ้าต้องการควบคุมอุณหภูมิ พยายามวางหัววัตถุอุณหภูมิให้ใกล้วัตถุมากที่สุด หรือใช้หัววัตถุอุณหภูมิแบบอินฟราเรด

2.4 การอบแห้งโดยการแผ่รังสีอินฟราเรด

กรรมวิธีการอบแห้งที่มีพัฒนาการมาเป็นลำดับนั้น วิธีส่วนใหญ่จะมีแหล่งกำเนิดความร้อนเป็นไฟฟ้า ก๊าซ หรือไอน้ำ แล้วผ่านอากาศเพื่อให้ได้อากาศร้อนเข้าสู่ตู้อบ ซึ่งอาจเป็นแบบทางตรงหรือทางอ้อมก็ได้ และลักษณะการถ่ายโอนความร้อนจะเป็นแบบการนำและการพาความร้อนเป็นส่วนใหญ่ และความร้อนหรืออากาศร้อนไม่สามารถผ่านโดยตรงเข้าไปในเนื้อวัตถุ จะต้องเกิดโดยการนำความร้อนเข้าไป จึงได้มีการพัฒนา นำหลักการแผ่รังสีความร้อนเข้าไปใช้ในการอบแห้งเนื่องจากความร้อนที่เกิดจากรังสีอินฟราเรดหรือไมโครเวฟ สามารถผ่านทะลุเนื้อวัตถุได้เข้าไปทำให้วัตถุที่อบร้อนขึ้นพร้อม ๆ กันทุก ๆ จุด ทำให้อัตราการอบแห้งสูงมารังสีอินฟราเรด เป็นรังสีที่มีความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง รังสีอุลตราไวโอเล็ตกับคลื่นไมโครเวฟ ช่วงความยาวคลื่นของรังสีอินฟราเรดคือ 0.75 ถึง 100 ไมโครเมตร ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ช่วงคลื่นย่อย คือ (พิชชาภรณ์, 2552)

Near – infrared ตั้งแต่ 0.75 ถึง 3 ไมโครเมตร

Mid – infrared ตั้งแต่ 3 ถึง 15 ไมโครเมตร

Far – infrared ตั้งแต่ 15 ถึง 100 ไมโครเมตร

2.4.1 การใช้รังสีอินฟราเรดในการแปรรูปอาหารแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

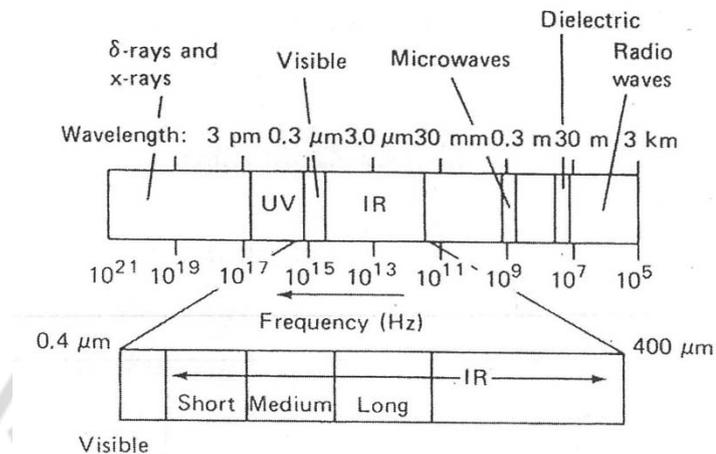
2.4.1.1 Medium temperature radiate ลักษณะเป็นเส้นลวดในหลอดโหลหรือหลอดซิลิกา จะให้ความร้อนได้ถึง 500 ถึง 1000 องศาเซลเซียส และให้พลังงานได้ถึง 15 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร จะใช้รังสีอินฟราเรดแบบคลื่นสั้น มักนิยมใช้กับอาหารที่ไม่ไวต่อความร้อน

2.4.1.2 High temperature radiate ลักษณะเป็นหลอดทั้งสแตน หรือหลอดควอตซ์ จะให้ความร้อนได้ถึง 2,500 องศาเซลเซียส และให้พลังงาน 10 ถึง 65 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ให้รังสีอินฟราเรดคลื่นสั้น มักใช้กับอาหารที่ไวต่อความร้อน

เมื่ออาหารดูดกลืนรังสีอินฟราเรด อาหารนั้นจะเริ่มสุกที่ผิวอย่างรวดเร็ว ผิวหน้าจะเปลี่ยนเป็น สีน้ำตาล น้ำและพวกลิ้นที่ระเหยได้จะยังคงอยู่ในอาหาร ทำให้อาหารนั้นสุก และมีลักษณะฉ่ำน้ำและมีกลิ่นรสดี สำหรับการที่พลังงานจะทะลุสู่ใจกลางของอาหารนั้น ถ้าเป็นแบบรังสีอินฟราเรดจะพบว่า การแผ่ทะลุผ่านสารอาหารลงไปได้ดี และเร็วกว่าการพาและการนำความร้อน

2.5 เครื่องอบแห้งชนิดอินฟราเรด

ทฤษฎี พลังงานจากแสงอินฟราเรดเป็นการแผ่รังสี (Radiation) คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (ภาพประกอบ 11) ซึ่งปล่อยออกมาจากวัตถุที่ร้อน เมื่อมีการดูดซับพลังงานแสงอินฟราเรดจะทำให้วัตถุร้อนขึ้น อัตราการถ่ายโอนความร้อนขึ้นกับปัจจัยต่างๆ ดังนี้ (สิงหนาท, 2555)



ภาพประกอบ 11 สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ที่มา : สิงหนาท, 2555

- ก) อุณหภูมิของพื้นผิวของวัตถุร้อนและวัตถุที่รับความร้อน
- ข) สมบัติของพื้นผิวของวัตถุทั้ง 2 ชนิด
- ค) รูปร่างของวัตถุที่ปล่อยและรับพลังงานความร้อน

ปริมาณความร้อนที่ปล่อยออกจากตัวแผ่รังสีสมบูรณ์ ได้แก่ วัตถุสีดำสามารถคำนวณได้จากสมการ Stefan-Baltzmann ดังนี้

$$Q = \sigma AT^4$$

โดย

Q = อัตราการเปล่งความร้อน (J/s)

σ = ค่าคงที่ Stefan-Baltzmann constant
 $= 5.7 \times 10^{-8} \text{ J/sm}^2 \text{ k}^4$

A = พื้นที่ผิว (m^2)

T = อุณหภูมิสัมบูรณ์ = $^{\circ}\text{C} + 273.15 \text{ K}$

สมการดังกล่าวยังใช้คำนวณการแผ่รังสีของตัวดูดกลืนสมบูรณ์ (Perfect Absorber) ซึ่งเรียกว่าวัตถุสีดำ อย่างไรก็ตามตัวแผ่รังสีความร้อนไม่จัดว่าเป็นตัวแผ่รังสีสมบูรณ์ โดยอาหารไม่สามารถดูดซับการแผ่รังสีได้อย่างสมบูรณ์ แต่อาหารจะดูดซับและปล่อยการแผ่รังสีในอัตราส่วนที่คงที่ ดังนั้นจึงเกิดแนวคิดของวัตถุสีเทาและมีการดัดแปลงสมการ Stefan-Baltzmann ดังนี้

$$\sigma = \epsilon \sigma AT^4$$

โดย

ϵ = สภาพแผ่รังสี (Emissivity) ของวัตถุสีเทามีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1

สภาพเปล่งรังสีแปรผันตามอุณหภูมิของวัตถุนั้นและความยาวคลื่นของวัตถุแผ่รังสีตั้งนั้น องศาของการให้ความร้อนแปรผันจากศูนย์ถึงการดูดซับ ที่สมบูรณ์ ซึ่งหาได้จากส่วนประกอบของอาหารซึ่งดูดซับพลังงานการแผ่รังสีและความยาวคลื่นของพลังงานที่แผ่รังสีพลังงานที่แผ่รังสีบางส่วนดังกล่าวจะมีการดูดซับและสะท้อนกลับไปยังอาหาร ปริมาณการแผ่รังสีที่ดูดซับโดยวัตถุนั้นนี้ เรียกว่า สภาพดูดกลืน (Absorptivity, α) และมีค่าเท่ากับสภาพเปล่งรังสี (ตาราง 1)

ตาราง 1 สภาพเปล่งรังสีโดยประมาณของอาหาร

วัสดุ	สภาพเปล่งรังสี(Emissivity)
ขนมปังไหม้ (Burnt toast)	1.00
โด (Dough)	0.85
น้ำ (Water)	0.955
น้ำแข็ง (Ice)	0.97
เนื้อแดง (Lean beef)	0.74
ไขมันของเนื้อวัว (Beef fat)	0.78
พริกไทยขาว (White peper)	0.9
โลหะหรือไม้ทาสี (Painted metal or wood)	0.9
โลหะไม่ขัดมัน (Unpolished metal)	0.7-0.25
โลหะไม่ขัดมัน (Polished metal)	< 0.05

ที่มา : Earle (1983) และ Lewis (1990)

พลังงานการแผ่รังสีที่ไม่มีการดูดซับจะสะท้อนออกไปซึ่งเรียกว่า สภาพสะท้อน (Reflectivity, $1-\alpha$) การสะท้อนมี 2 ชนิด ได้แก่ การสะท้อนที่ผิวหน้าของอาหาร และพลังงานที่เกิดขึ้นหลังจากการแผ่รังสีเข้าไปในโครงสร้างของอาหารแล้ว และเกิดจากการกระเจิง (Scattering) การสะท้อนที่ผิวจะทำให้สังเกตเห็นพื้นที่ผิววัตถุเลื่อมมัน ในขณะที่เกิดการสะท้อนจำทำให้มองเห็นสีของวัตถุ ความยาวคลื่นของการแผ่รังสีอินฟราเรดหาได้จากอุณหภูมิของแหล่งให้ความร้อน ถ้าอุณหภูมิสูงจะทำให้มีความยาวคลื่นสั้นลงซึ่งสามารถแทรกผ่านได้ลึก อัตราการถ่ายโอนความร้อนสุทธิไปยังอาหารจะเท่ากับอัตราการดูดซับลบด้วยอัตราการเปล่งรังสี

$$Q = \epsilon \sigma A (T_1^4 - T_2^4)$$

โดย

$$T_1 = \text{อุณหภูมิของตัวเปล่งรังสี(K)}$$

$$T_2 = \text{อุณหภูมิของตัวดูดซับ (K)}$$

เครื่องทำแกงอินฟราเรด เครื่องมือให้ความร้อนโดยการแผ่รังสีประกอบด้วยแผ่นโลหะหรือท่อโลหะเซรามิก (Ceramic) หรือ ควอทซ์ (Quartz) หรือท่อแฮโลเจน ที่ยึดติดกับลวดไฟ (ตาราง 2)

ตาราง 2 สมบัติของตัวแผ่รังสีของอินฟราเรด

ชนิดของ ตัวแผ่รังสี	อุณหภูมิ สูงสุดของ เครื่องมือ (°C)	ความเข้ม สูงสุด (kW/m ²)	อุณหภูมิสูงสุด ของ กระบวนการ (°C)	ความร้อน ที่แผ่รังสี (%)	ความร้อน ของการหา ความร้อน (%)	เวลาการ ทำความ ร้อนและ เวลาทำให้ เย็น(s)	อายุ การใช้ งาน
<i>Short wacelenght</i>							
Heat lamp	2200	10	300	75	25	1	500hr
IR gun	2300	2	1600	98	2	1	-
Quartz tube	200	80	600	80	20	1	500hr
<i>Medium wavelength</i>							
Quartz tube	950	60	500	55	45	30	Years
<i>Long wavelength</i>							
Element	800	40	500	50	50	<120	Years
Caramic	700	40	400	50	50	<120	Years

ที่มา : Anon (1981)

การใช้ประโยชน์เชิงการค้าของพลังงานแผ่รังสี ได้แก่ การทำแห้งอาหารที่มีความชื้นต่ำ ได้แก่ ขนมปังกรอบ โกโก้ แป้ง ธัญชาติ มอลต์ พาสตา และชา ในกระบวนการอบ (Baking) และการคั่ว (Roasting) ผลิตภัณฑ์จะเคลื่อนที่บนสายพานผ่านอุโมงค์ใต้แหล่งพลังงานแผ่รังสี (Ginzberg, 1969) โดยปกติมักไม่ใช้แสงอินฟราเรดเป็นแหล่งพลังงานความร้อนอย่างเดียวในการให้ความร้อนอาหารที่มีชื้นใหญ่เพราะขีดจำกัดในการแทรกผ่านของแสงอินฟราเรดนอกจากนี้มีการใช้แสงอินฟราเรดในเครื่องทำแห้งสุญญากาศหรือเครื่องทำแห้งแบบถาด (Cabine tray dryer) ตู้ไมโครเวฟที่ใช้ตามครัวเรือน เพื่อให้ผิวอาหารมีสีน้ำตาล และมีก็ใช้กับฟิล์มภาชนะบรรจุแบบหัดตัว

ผลของแสงอินฟราเรดต่ออาหาร การให้ความร้อนของแสงอินฟราเรดอย่างรวดเร็วบริเวณผิวอาหารจะไปทำการปิดพื้นผิวอาหารเป็นการป้องกันการสูญเสียความชื้น รสชาติและกลิ่นของอาหาร การเปลี่ยนแปลงส่วน ประกอบบริเวณผิวของอาหารมีความคล้ายคลึงกับการอบ

2.6 การออกแบบเครื่องอบแห้ง (Design of Dryers)

การออกแบบเครื่องทำแห้งมีความสำคัญต่อการทำแห้งอาหาร โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ อาหารแห้งที่มีคุณภาพดี ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องทราบอัตราการไหลของอากาศร้อนปริมาณ ความชื้นที่ต้องกำจัดออกจากอาหารตลอดจนเวลาที่ใช้ในการทำแห้งอาหารแต่ละชนิดเพื่อใช้ในการ คำนวณปริมาณความร้อนที่ต้องใช้ อาหารเหลวเหมาะสำหรับการทำแห้งโดยใช้เครื่องมือทำแห้งแบบ

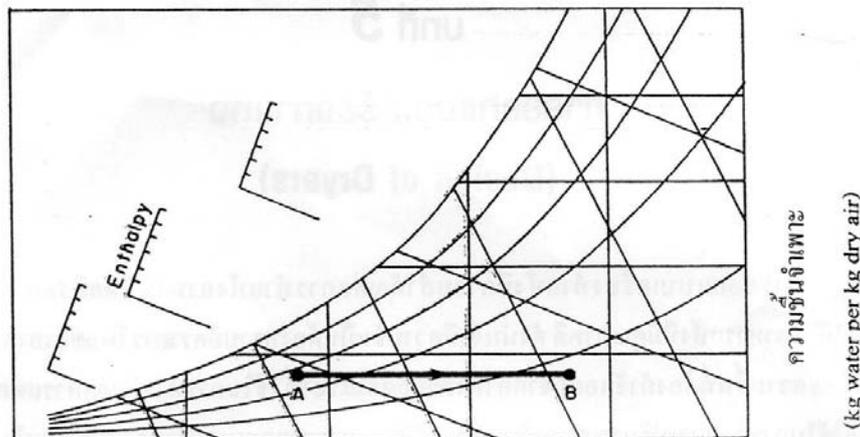
พ่นแห้ง หรือแบบลูกกลิ้ง สำหรับพืชสมุนไพรที่ต้องการรักษาสาระสำคัญไว้ อาจใช้เครื่องทำแห้งแบบลดความชื้นโดยใช้เครื่องสูบลมความร้อน นอกจากนี้ อาจใช้เครื่องทำแห้งพลังแสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพสูงและยังเป็นการใช้พลังงานธรรมชาติที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมอีกด้วย (สิงหนาท, 2555)

2.6.1 การออกแบบเครื่องแห้งแบบใช้อากาศร้อน (Hot air drying) ในการคำนวณขนาดของเครื่องทำความร้อนที่ใช้ในการให้ความร้อนแก่อากาศ ต้องมีรายละเอียดข้อมูลของอากาศ เช่น ปริมาณหรืออัตราการไหลของอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ อัตราการผสมของอากาศ เป็นต้น (Singh and Heldman, 1993)

2.6.1.1 การให้ความร้อนหรือการทำให้อากาศเย็น (Heating or cooling of air) การให้ความร้อนหรือการทำให้อากาศเย็นโดยไม่มีการเพิ่มหรือลดความชื้นในอากาศซึ่งมีค่าความชื้นจำเพาะ (Specific Humidity) มีค่าคงที่ ดังนั้น การเพิ่มหรือลดอุณหภูมิของอากาศจะลากเส้นในแผนภูมิไซโครเมตริกไปตามแนวอน ดังภาพประกอบ 12 จะเป็นเส้นที่แสดงการให้ความร้อนหรือการทำให้อากาศเย็น มีข้อสังเกตว่าเมื่ออากาศได้รับความร้อน อุณหภูมิกระเปาะแห้งจะเพิ่มขึ้น ดังนั้น กระบวนการจะเป็น A ไป B ในทางตรงกันข้ามถ้าเป็นการทำให้เย็นกระบวนการจะเป็น B ไป A ในการคำนวณปริมาณความร้อนที่ใช้จาก A ไป B คำนวณ ดังนี้

$$q = m (H_b - H_a)$$

โดย H_a และ H_b เป็นค่าเอนทัลปี เปิดได้จากแผนภูมิไซโครเมตริก



อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (องศาเซลเซียส)

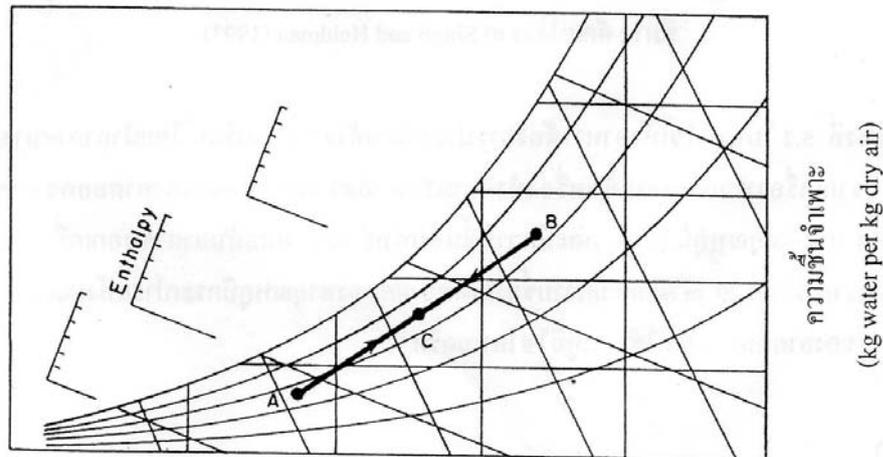
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาพประกอบ 12 แผนภูมิไซโครเมตริกกระบวนการให้ความร้อน

ที่มา : สิงหนาท, 2555

2.6.1.2 การผสมของอากาศ (Mixing of air) ในการผสมอากาศ 2 ชนิด เข้าด้วยกัน สามารถใช้แผนภูมิไซโครเมตริกในการหาสมบัติของส่วนผสมได้ โดยขั้นตอนแรกให้พล็อตสมบัติของอากาศทั้ง 2 ชนิด ลงบนแผนภูมิไซโครเมตริก ดังภาพประกอบ 13 ที่จุด A และ B ลากเส้นตรง

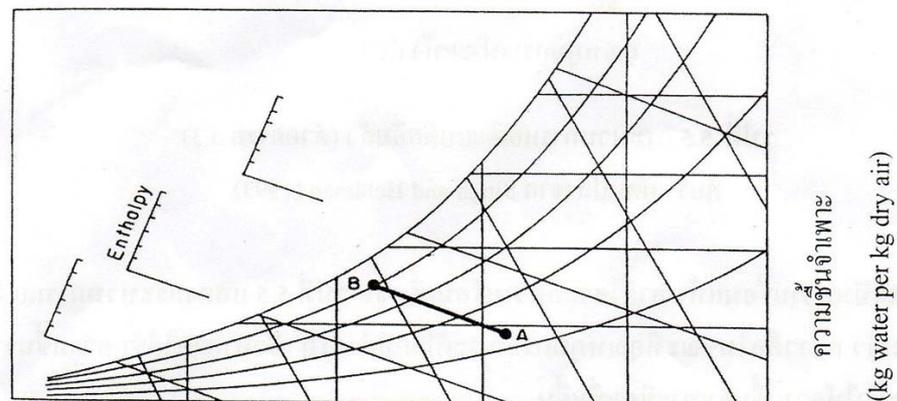
เชื่อมต่อดูทั้งสอง ถ้าปริมาณอากาศทั้งสองชนิดที่ใช้ผสมเท่ากันให้แบ่งครึ่งบนเส้น AB ได้จุด C ที่จุด C จะบอกถึงสมบัติของอากาศผสมที่ได้



อุณหภูมิกะเปาะแห้ง (องศาเซลเซียส)

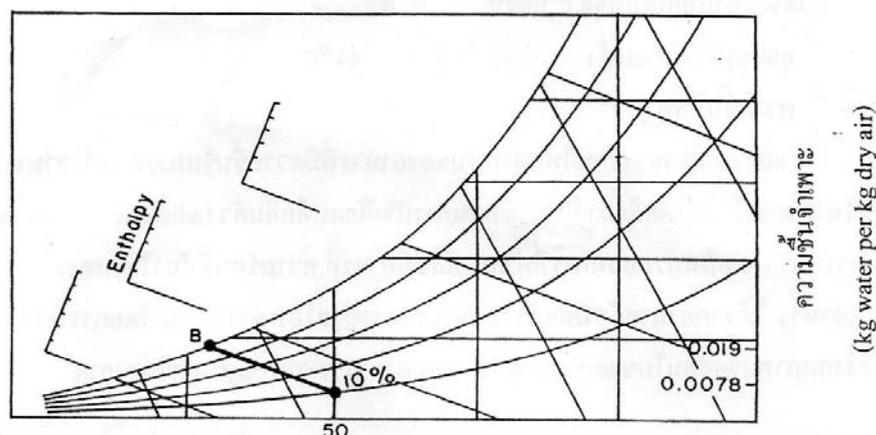
ภาพประกอบ 13 การผสมของอากาศสองชนิดในปริมาณเท่ากัน
ที่มา : สิงหนาท, 2555

2.6.1.3 การทำแห้ง เมื่ออากาศร้อนไหลผ่านชั้นของอาหารที่มีความชื้นในการทำแห้งสามารถใช้แผนภูมิไซโครเมตริกได้โดยถือว่าเป็นกระบวนการแอดิยาแบติกอิ่มตัว (Adiabatic Saturation Process) ดังภาพประกอบ 14 ซึ่งเป็นกระบวนการที่ค่าเอนทัลปีมีค่าคงที่ ความร้อนที่ต้องใช้ในการระเหยน้ำออกจากอาหาร ได้จากอากาศร้อนถือว่าไม่เกิดจากการถ่ายโอนความร้อน โดยการนำหรือการแผ่รังสีจากสภาพแวดล้อมในขณะที่อากาศไหลผ่านอาหาร ความร้อนสัมผัสในอากาศ



อุณหภูมิกะเปาะแห้ง (องศาเซลเซียส)

ภาพประกอบ 14 กระบวนการแอดิยาแบติกอิ่มตัว
ที่มา : สิงหนาท, 2555



อุณหภูมิกะเปาะแห้ง (องศาเซลเซียส)

ภาพประกอบ 15 กระบวนการแอดิเยแบติกอิมตัว
ที่มา : สิงหนาท, 2555

โดยจะเปลี่ยนเป็นความร้อนแห้ง อากาศจะมีความร้อนเพิ่มขึ้น ภาพประกอบ 15 แสดงกระบวนการแอดิเยแบติกอิมตัว กล่าวคือในขณะที่อุณหภูมิกะเปาะเปียกมีค่าคงที่ เมื่ออากาศได้รับความชื้นจากอาหารจะทำให้ความชื้นจำเพาะมีค่าเพิ่มขึ้น

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ฤกษ์ และคณะ (2554) ศึกษาออกแบบและพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบอินฟราเรดสำหรับเมล็ดมะม่วงหิมพานต์นี้ เป็นการพัฒนารอบเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่สูง กรอบและมีสีเข้มสม่ำเสมอ การออกแบบตู้อบเป็นระบบสายพานสแตนเลส 2 ชั้น ระบบให้ความร้อนเป็นแก้อินฟราเรดฮีตเตอร์ การควบคุมอุณหภูมิตemperature ใช้สวิตช์หรี่ไฟ (Dimmer Switches) ปรับเปลี่ยนอุณหภูมิตemperature การควบคุมความเร็วรอบของสายพานโดยใช้ inverter ควบคุมความเร็วของมอเตอร์เกียร์พร้อม Worm gearboxes ส่งถ่ายกำลังไปที่สายพาน การทดสอบเครื่องโดยใช้เมล็ดมะม่วงหิมพานต์จำนวน 50 กิโลกรัม ทดสอบครั้งละ 10 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิตemperature ชั้นบน 135 องศาเซลเซียส อุณหภูมิตemperature ชั้นล่าง 125 องศาเซลเซียส เวลาต่อรอบต่อชั้นเท่ากับ 3 นาที จากค่าสถานะ(condition)นี้ ผลการทดลองพบว่าจะให้ประสิทธิภาพดีที่สุด ในการอบเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ประมาณ 33 ถึง 35 กิโลกรัม/ชั่วโมง เมล็ดมะม่วงหิมพานต์แตกหักเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 3 ถึง 5 น้ำหนักหลังการอบลดลงประมาณร้อยละ 4 ค่าต้นทุนกระแสไฟฟ้าประมาณ 30 บาท/ชั่วโมง

จักรมาศ และคณะ (2553) ศึกษาผลของการอบแห้งข้าวโพดด้วยเทคนิคการใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับการใช้รังสีอินฟราเรดที่ระดับความยาวคลื่นสูงสุดของแหล่งกำเนิดรังสี 2.97 2.70 และ 2.47 ไมครอน โดยใช้ข้าวโพดที่มีความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 20 25 และ 30 มาตรฐานเปียก ผลการทดสอบพบว่า อัตราการอบแห้งของการใช้รังสี

อินฟราเรดสูงกว่าการใช้ลมร้อนประมาณ 15 เท่า สำหรับการอบแห้งด้วยลมร้อน อุณหภูมิของเมล็ดมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการอบแห้งจนกระทั่งเข้าสู่สมดุลความร้อนกับอุณหภูมิของลมร้อน อย่างไรก็ตามอุณหภูมิของเมล็ดยังคงมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิของลมร้อน ในขณะที่อุณหภูมิของเมล็ดที่อบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน เมื่อความชื้นเริ่มต้น และความยาวคลื่นของแหล่งกำเนิดรังสีเป็นร้อยละ 20 มาตรฐานเปียก และ 2.47 ไมครอน

เพชรรัตน์ และคณะ (2550) ศึกษาการนำรังสีอินฟราเรดไกลเข้ามาร่วมในการอบแห้งเนื้อลำไยด้วยลมร้อนและปัมความร้อนเปรียบเทียบกับการอบแห้งด้วยลมร้อนและปัมความร้อนเพียงอย่างเดียว ในด้านลักษณะเฉพาะของการอบแห้ง ความสิ้นเปลืองพลังงานคุณภาพด้านเนื้อ สัมผัส วอเตอร์แอกทิวิตี้ และโครงสร้างระดับจุลภาค โดยทำการอบแห้งเนื้อลำไยจากความชื้น เริ่มต้น 550 ถึง 670 %d.b. (84-86 %w.b.) จนเหลือความชื้นสุดท้ายประมาณ 20 %d.b. (18 %w.b.) ที่อุณหภูมิอากาศอบแห้ง 55 องศาเซลเซียส สำหรับปัมความร้อนและ 65 องศาเซลเซียส สำหรับลมร้อน ความเร็วลม 0.3 m/s การอบแห้งด้วยลมร้อนมีสัดส่วนการนำอากาศร้อนหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ร้อยละ 80 กำลังไฟฟ้าที่ให้กับหลอดรังสีอินฟราเรดไกลคือ 250 350 และ 450 วัตต์ ผลการทดลองพบว่าการนำรังสีอินฟราเรดไกลเข้ามาร่วมกับการอบแห้งเนื้อลำไยด้วยลมร้อนหรือปัมความร้อนช่วยเพิ่มอัตราการอบแห้งและลดเวลาในการอบแห้งลง ผลของรังสีอินฟราเรดไกลทำให้เนื้อลำไยมีรูพรุนและมีขนาดใหญ่ขึ้น เมื่อกำลังไฟฟ้าที่ให้กับหลอดรังสีอินฟราเรดไกลมีค่าเพิ่มขึ้น รูพรุนที่เกิดขึ้น ส่งผลให้เนื้อลำไยมีค่าความแข็งและความหยุ่นตัวน้อยกว่าเนื้อลำไยที่อบแห้งด้วยลมร้อนหรือปัมความร้อนเพียงอย่างเดียว การอบแห้งร่วมกับรังสีอินฟราเรดไกลใช้พลังงานจำเพาะรวมน้อยลงเมื่อเพิ่มกำลังไฟฟ้าให้กับหลอดรังสีอินฟราเรดไกล การอบแห้งด้วยปัมความร้อนร่วมกับรังสีอินฟราเรดไกลใช้พลังงานจำเพาะรวมน้อยกว่าการอบแห้งด้วยลมร้อนร่วมกับรังสีอินฟราเรดไกล

สุวรรธณ และคณะ (2556) ศึกษาแนวทางการอบแห้งใบบัวบกเพื่อผลิตเป็นใบบัวบกแห้งขงดื่ม และสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ทำนายจลนพลศาสตร์การอบแห้งใบบัวบกด้วยการแผ่รังสีใต้แดง และในที่สุดทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสและความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะได้นำเสนอในงานวิจัยนี้ ช่วงอุณหภูมิอบแห้งที่เลือกใช้ในการทดสอบอยู่ระหว่าง 50 ถึง 70 องศาเซลเซียส กำลังของรังสีอินฟราเรดเท่ากับ 500 ถึง 1,500 วัตต์ ขณะที่ใบบัวบกอ้างอิงอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์ เพื่อศึกษาจลนพลศาสตร์ของการอบแห้ง การทดลองเริ่มจากใบบัวบกสดที่มีความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 600 มาตรฐานแห้ง อบแห้งจนกระทั่งใบบัวบกแห้งมีความชื้นสุดท้ายที่ร้อยละ 20 มาตรฐานแห้ง จากผลการทดลองพบว่า แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ Midilli และคณะ สามารถอธิบายจลนพลศาสตร์ของการอบแห้งใบบัวบกได้ดีที่สุดทุกเงื่อนไขการทดลอง เมื่อพิจารณาถึงปัจจัยของแนวทางการอบแห้งต่าง ๆ ที่มีผลต่อจลนพลศาสตร์ คุณภาพและความสิ้นเปลืองพลังงานในการอบแห้งใบบัวบก ผลการศึกษาพบว่าอุณหภูมิต่ำ และกำลังของรังสีอินฟราเรด ส่งผลต่อการอบแห้ง ทั้งในเรื่องของอัตราการอบแห้ง คุณภาพของผลิตภัณฑ์หลังการอบแห้ง และความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้ง โดยพบว่า การอบแห้งใบบัวบกด้วยรังสีอินฟราเรดกำลัง 1,500 วัตต์ อุณหภูมิอบแห้ง 70 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งน้อยที่สุด (30 นาที) และมีความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะต่ำสุด (0.31 MJ/kg of water evaporated) นอกจากนี้ในการศึกษาได้ทำการวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ใบบัวบกแห้งในรูปของชาขงดื่ม โดยการประเมินทางประสาทสัมผัส พบว่า อุณหภูมิอบแห้ง

และกำลังรังสีอินฟราเรดมีผลต่อคุณลักษณะด้าน สี กลิ่น รสชาติ และรูปลักษณะ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) อย่างไรก็ตามไบบวบกแห้งที่อบด้วยรังสีอินฟราเรด ที่เงื่อนไขต่าง ๆ ต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยรวม พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

เสกสรรค์ และคณะ (2551) ศึกษาการอบไล่ความชื้นออกจากยอดใบชาหลังจากการเก็บมาเป็นเวลานานนั้นเป็นกระบวนการหนึ่งที่สำคัญในกระบวนการผลิต ในปัจจุบันนี้ทางโรงงานผู้ผลิตชา นั้นจะผลิตใบชาโดยการอบแห้งโดยผ่านกระบวนการให้ความร้อนต่างๆ ได้แก่ การคั่วชา การอบแห้งครั้งแรก และการอบซ้ำ โดยที่ความชื้นสุดท้ายจะอยู่ที่ประมาณ 5% w.b. ซึ่งจะได้ตามมาตรฐาน มอก. จากนั้นนำยอดใบชาที่ผ่านการแปรรูปมาเก็บไว้ซึ่งจะทำให้ความชื้นในยอดใบชาเพิ่มขึ้นจากเดิมเป็น 6 ถึง 7% w.b. บทความนี้นำเสนอการออกแบบ การสร้างเครื่อง และการอบแห้งไล่ความชื้นในยอดใบชาโดยใช้รังสีอินฟราเรดเป็นตัวให้ความร้อนซึ่งจะทำการเปรียบเทียบกับ การให้ความร้อนแบบขดลวด ซึ่งจะทำการวิเคราะห์การลดลงของความชื้น และลักษณะสีของยอดใบชา ผลการวิเคราะห์ที่ได้นั้นค่าความชื้นที่ลดลงในกรณีของขดลวดจะอยู่ที่ประมาณ 1.77% w.b. ส่วนของรังสีอินฟราเรดนั้นจะอยู่ที่ประมาณ 2.01% w.b. ลักษณะสีของใบชาที่ผ่านการให้ความร้อนโดยรังสีอินฟราเรดนั้นจะมีสีที่ใกล้เคียงกันกับตอนก่อนอบ ซึ่งเป็นที่ยอมรับได้จากทางโรงงาน

อนุสร (2555) ศึกษาแนวทางการอบแห้งใบเตยเพื่อใช้ทำชาด้วยรังสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อน โดยเปรียบเทียบกับ การอบแห้งด้วยลมร้อนเพียงอย่างเดียว ซึ่งจะพิจารณาจลนพลศาสตร์การอบแห้ง คุณภาพของใบเตยหลังการอบแห้ง และความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้ง การทดลองอบแห้งในช่วงอุณหภูมิ 45 ถึง 65 องศาเซลเซียส กำลังรังสีอินฟราเรด 500 และ 1,000 วัตต์ ความชื้นเริ่มต้นและความชื้นสุดท้ายของใบเตยอยู่ในช่วงร้อยละ 400 ถึง 600 มาตรฐานแห้ง และ 8 ถึง 12 มาตรฐานแห้ง ตามลำดับ จากผลการทดลอง พบว่า อัตราการอบแห้งจะสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิอบแห้งสูงขึ้นขณะที่ค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะลดลงเมื่อเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้อบแห้งการทำนายผลของจลนพลศาสตร์ของการอบแห้งแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมที่ใช้ทำนายจลนพลศาสตร์การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด 1,000 วัตต์ ร่วมกับลมร้อนและการอบแห้งด้วยลมร้อนอย่างเดียว คือ แบบจำลอง Logarithmic ส่วนแบบจำลองที่ใช้ทำนายการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด 500 วัตต์ ร่วมกับลมร้อน คือ แบบจำลองของ Page โดยผลการทดลองที่ค่าใกล้เคียงกับแบบจำลองดังกล่าว ในด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ พบว่า ร้อยละการคืนตัวและค่าสีในระบบ CIE (L^* a^* และ b^*) ของใบเตยอบแห้งในทุกกรณีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$)

อำไพศักดิ์ และคณะ (2549) ศึกษาการอบแห้งเนื้อด้วยรังสีอินฟราเรด ซึ่งมีเงื่อนไขในการทดลอง คือ อุณหภูมิอากาศที่ทางเข้าห้องอบแห้งเท่ากับ 40 องศาเซลเซียส ความเร็วลมที่ไหลผ่านตัวอย่างอยู่ในช่วง 0.1 ถึง 1.0 เมตร/วินาที และกำลังงานที่จ่ายให้กับแท่งอินฟราเรดอยู่ระหว่าง 260 ถึง 640 วัตต์ โดยกำหนดให้ระยะห่างระหว่างแท่งรังสีอินฟราเรดกับผลิตภัณฑ์และขนาดผลิตภัณฑ์คงที่ ผลจากการทดลองพบว่าระยะเวลาการอบแห้งจะเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มความเร็วลมและลดกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับแท่งรังสีอินฟราเรด นอกจากนี้ยังพบว่าการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อเพิ่มมากขึ้น เมื่อลดความเร็วลมและเพิ่มกำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้กับแท่งรังสีอินฟราเรด

Afzal and others (2000) ได้ทดลองอบแห้งข้าวบาร์เลย์ โดยกำหนดค่าความเร็วอากาศ เท่ากับ 0.3 0.5 และ 0.7 เมตรต่อวินาที ใช้ความชื้นของรังสี 0.167 0.333 และ 0.500 วัตต์ต่อ ตารางเซนติเมตร ความชื้นเริ่มเท่ากับ 23%(db) ที่อุณหภูมิ 40 55 และ 70 องศาเซลเซียส โดยทำ การทดลองอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดไกลร่วมกับขดลวดให้ความร้อนและใช้ขดลวดให้ความร้อนอย่าง เดียว เพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้ จากการศึกษาพบว่าที่ความชื้นรังสี 0.333 วัตต์ต่อตารางเซนติเมตร มี ความเหมาะสมที่สุด ความเร็วลมมีผลต่อการสิ้นเปลืองพลังงานนอกจากนี้จากการทดลองพบว่า อินฟราเรดมีข้อดีในด้านการใช้พลังงาน ซึ่งพบว่าการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดจะใช้เวลาในการ อบแห้งที่สั้น และมีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะต่ำ เมื่อเทียบกับการใช้ลมร้อนเพียงอย่างเดียว

Hebbar and others (2004) ได้พัฒนาระบบการทำงานร่วมกันของรังสีอินฟราเรด และ ลมร้อน เพื่อใช้ในการอบแห้งผัก ในการศึกษาได้ทำการทดลองเปรียบเทียบ การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด อบแห้งด้วยลมร้อน และอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดรวมลมร้อน จากการทดลองพบว่า เมื่อนำเอา อินฟราเรด และลมร้อนมาทำงานร่วมกัน จะสามารถลดระยะเวลาการอบแห้ง และพลังงานได้ถึง ร้อยละ 48 และ 63 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับการอบแห้งด้วยลมร้อนเพียงอย่างเดียวนอกจากนี้เมื่อนำ มาเปรียบเทียบกับแบบที่ใช้อินฟราเรดเพียงอย่างเดียวพบว่าแบบทำงานร่วมกันให้ผลที่ดีกว่า



ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี