บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 รังสีดวงอาทิตย์ที่พื้นผิวโลก

รังสีดวงอาทิตย์ที่ส่งมายังโลกประกอบด้วยรังสี 2 ประเภท คือ รังสีตรง และรังสีกระจาย รังสีตรงเป็นรังสีส่งมาจากดวงอาทิตย์โดยตรง เป็นรังสีขนาน ส่วนรังสีกระจายนั้นเป็นรังสีจาก ดวงอาทิตย์ที่ส่งไปกระทบตัวกลางอื่น เช่น เมฆ หมอก ไอน้ำ เป็นต้น แล้วจึงกระจายออกไปทุกทิศทาง ไม่อาจนำมาผสมกันหรือทำให้มีความเข้มของแสงสูงๆ ได้อย่างรังสีตรง และในวันที่ท้องฟ้าแจ่มใสรังสีดวงอาทิตย์จะประกอบด้วยรังสีตรงเป็นส่วนใหญ่ ส่วนในวันที่มีเมฆหมอกมากรังสีดวงอาทิตย์ส่วนใหญ่จะเป็นรังสีกระจาย เมื่อรังสีดวงอาทิตย์ผ่านบรรยากาศโลกเข้ามาในท้องฟ้ารังสีจะเกิดการสะท้อนโดยฝุ่นละออง และโมเลกุลของอากาศแห้งประมาณ 1.1 – 11 % และจะถูกดูดไว้ด้วยโมเลกุลของอากาศแห้ง 8 % โดยฝุ่นละออง 4 – 5 % และโดยไอน้ำ 2 – 10 % บางส่วนกระจายโดยโมเลกุลของอากาศแห้งประมาณ 5 % โดยฝุ่นละออง 0.1 – 10 % จากข้อมูลดังกล่าวจะพบว่ามีความเข้มของรังสีจากดวงอาทิตย์ประมาณ 71 – 81 %

จากข้อจำกัดของชั้นบรรยากาศของโลก การแผ่กระจายของรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงจากการศึกษาพบว่า

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตาราง 2.1 การแผ่กระจายของรังสีดวงอาทิตย์

ช่วงรังสี	ช่วงความยาวคลื่น (ไมครอน)	% ของพลังงานทั้งหมด
รังสีอัลตราไวโอเลต	0.29-0.40	9.0
รังสีที่มองเห็นได้ (Visible)	0.40-0.70	38.0
รังสีอินฟราเรด	0.70-3.50	53.0

ประเทศไทยเป็นประเทศที่ตั้งอยู่ในเขตมรสุมที่เส้นรุ้ง 5 – 17 องศาเหนือ เส้นแวงที่ 96 – 106 องศาตะวันออก ซึ่งเป็นบริเวณที่มีพลังงานแสงอาทิตย์สูงในรอบปี ค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ตกกระทบเฉลี่ยรายวันจะมีค่าประมาณ 4.7 kWh ประเทศไทยรับแสงอาทิตย์ 1.62-1.86 เทอราวัตต์ชั่วโมงต่อตารางกิโลเมตรต่อปี หรือ 1620-1860 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปี จากการศึกษาการแผ่กระจายรังสีดวงอาทิตย์ในประเทศไทยที่เส้นรุ้งที่ 15 องศาเหนือ และ 35 องศาใต้ (อนุตร จำลองกุล. 2545) พบว่าค่ารังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยต่ำสุดต่อเดือน คือ 500 แคลอรี่ต่อตารางเซนติเมตรต่อวัน และในช่วงของเส้นศูนย์สูตร ระหว่างเส้นละติจูด 15 องศาเหนือและ 15 องศาใต้ พบว่า ค่ารังสีดวงอาทิตย์มีค่าอยู่ระหว่าง 300-500 แคลอรี่ต่อตารางเซนติเมตรต่อวันตลอดทั้งปี

ตาราง 2.2 การแผ่รังสีดวงอาทิตย์โดยประมาณ (Mj/m^2 day) ในบริเวณภาคต่างๆ ของไทย

ภาค	ม.ค.-ก.พ.	มี.ค.-เม.ย.	พ.ค.-มิ.ย.	ก.ค.-ส.ค.	ก.ย.-ต.ค.	พ.ย.-ธ.ค.
ภาคเหนือ(เชียงใหม่)	16.7	19.2	17.2	15.7	16.8	15.8
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (ขอนแก่น)	16.9 16.8	18.0 19.5	17.5 16.6	16.4 15.5	16.4 15.54	16.5 16.7
ภาคกลาง (กรุงเทพฯ)	17.9	19.3	16.7	17.0	17.0	14.8
ภาคใต้ (สงขลา)						

ที่มา : อนุตร จำลองกุล. (2545)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.2 ค่าคงที่แสงอาทิตย์

ดวงอาทิตย์จะมีการแผ่รังสีกระจายออกไปทุกทิศทาง แต่โลกมีลักษณะเป็นทรงกลม จึงเป็นผลทำให้โลกได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์เพียงบางส่วน ทำให้ค่าเฉลี่ยความเข้มของรังสีจากดวงอาทิตย์ที่มาถึงโลกมีค่าคงที่ซึ่งเรียกว่า ค่าคงที่แสงอาทิตย์ (solar constant) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1,353 W/m^2 ค่าผิดพลาดสูงสุด 11.50 %

จากการศึกษารังสีดวงอาทิตย์ที่กรุงเทพฯ และที่จังหวัดเชียงใหม่ ปี ค.ศ. 1968 สรุปได้ว่า

1. ค่าเฉลี่ยสูงสุดของรังสีดวงอาทิตย์สูงกว่า 20.39 $MJ/m^2\text{-}day^{-1}$

2. ค่าต่ำสุดของรังสีดวงอาทิตย์ต่ำกว่า 15.32 $MJ/m^2\text{-}day^{-1}$ ในกรณีที่ฝนตกหนักในฤดูฝนค่าเฉลี่ยการแผ่กระจายของรังสีดวงอาทิตย์ 8.37 $m^2\text{-}day^{-1}$

3. ช่วงความเข้มของแสงอาทิตย์เฉลี่ยชั่วโมงเที่ยงวัน 2.09 $MJ/m^2\text{-}day^{-1}$ ในช่วงฤดูหนาว

2.3 การใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์

พลังงานเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับชีวิตประจำวันของมนุษย์ทุกประเทศทั่วโลกมีแนวโน้มที่ต้องใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้นอย่างมากมายทุกปี ซึ่งเป็นสิ่งที่ก่อให้เกิดวิกฤติการณ์ในด้านการใช้พลังงาน และการเสาะแสวงหาแหล่งพลังงานในสภาพที่เหมาะสมทางเศรษฐกิจและสังคม วิกฤติการณ์นี้ยังคงเป็นปัญหาใหญ่อยู่

พลังงานที่ใช้สนองความต้องการทั้งหมดของประเทศในปัจจุบัน 80 % ได้มาจากน้ำมันดิบ และผลิตภัณฑ์น้ำมัน ซึ่งต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศปีหนึ่งๆ มูลค่ามหาศาล ดังนั้นความจำเป็นที่จะต้องพัฒนาแหล่งพลังงานภายในประเทศ โดยเฉพาะแหล่งทางด้านพลังงานทดแทน (Non-conventional energy) จึงมีความจำเป็นอย่างรีบด่วน ทั้งนี้ก็เพื่อจะได้เป็นการแบ่งภาระความต้องการพลังงานหลักลงไป และโดยเฉพาะการพัฒนาพลังงานทดแทนขั้นภายในประเทศจะช่วยให้โครงการพัฒนาชนบทซึ่งเป็นประชากรส่วนใหญ่ของประเทศ ได้มีโอกาสยกบานะความเป็นอยู่และบานะทางเศรษฐกิจได้ดียิ่งขึ้น และนอกจากนั้นยังเป็นการประหยัดเงินตราที่จำเป็นต้องสั่งซื้อพลังงานจากต่างประเทศเข้ามาอีกด้วย

พลังงานแสงอาทิตย์ที่ดวงอาทิตย์ให้มากับโลกนั้น นับเป็นจำนวนมหาศาลรวมทั้งเป็นพลังงานที่ได้เปล่าและยังไม่ก่อให้เกิดมลพิษแก่สิ่งแวดล้อมดังเช่นพลังงานเชื้อเพลิงทั่วไป ซึ่งนับว่าเป็นส่วนดีของพลังงานจากแสงอาทิตย์ หากสามารถนำมาใช้ได้หมด ก็จะเป็นพลังงานจำนวนมากกว่าพลังงานที่ประเทศไทยมีใช้อยู่หลายเท่า

แนวทางการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้งาน

1. การนำมาใช้งานโดยตรง (direct use)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ขบวนการนี้เป็นการเปลี่ยนแปลงสภาพพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานรูปอื่นแล้วนำไปใช้โดยตรง โดยมีเครื่องมือในการเปลี่ยนพลังงานและนำพลังงานไปใช้ได้ทันที เช่น เครื่องต้มน้ำ เครื่องทำความเย็น เครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้า เครื่องสูบน้ำ เป็นต้น

2. การนำมาใช้งานโดยทางอ้อม (indirect use)

ขบวนการนี้ได้ใช้กรรมวิธีหลายด้านต่อเนื่องกันแล้วจึงเปลี่ยนสภาพพลังงานแสงอาทิตย์ไปเป็นพลังงานรูปแบบอื่น ขบวนการนี้เกี่ยวข้องกับเครื่องมือแลกรรมวิธี เช่น กังหันลม ขบวนการสังเคราะห์แสง ขบวนการ ocean thermal energy conversion

พลังงานแสงอาทิตย์เหมาะสมอย่างยิ่งในการทำเป็นพลังงานทดแทนในการพัฒนาชนบทที่ห่างไกลจากการนำพลังงานหลักไปใช้ในเชิงของเศรษฐกิจหรือใช้เสริมพลังงานหลักในภาคอุตสาหกรรมได้เป็นอย่างดี ทั้งนี้เพราะพลังงานแสงอาทิตย์มีคุณสมบัติเหมาะสมตามเกณฑ์ของการพิจารณาในหัวข้อต่อไปนี้

1. ความพร้อมของแหล่งพลังงานที่มีอยู่
2. อัตราการผลิตพลังงาน
3. ลักษณะเฉพาะของพลังงานที่ผลิตออกมา
4. อายุของแหล่งพลังงาน
5. ข้อพิจารณาเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัย
6. ความเหมาะสมและการเปรียบเทียบเชิงเศรษฐกิจ
7. ข้อพิจารณาในเชิงการเมือง
8. ข้อขัดข้องเชิงจิตวิทยาและสังคมวิทยาในการเปลี่ยนแปลงการใช้พลังงาน

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.4. ความสำคัญของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

การนำเทคโนโลยีเกี่ยวกับการใช้พลังงานแสงอาทิตย์มาทำการอบแห้งพืชผลโดยทำเป็นลักษณะของตู้อบแห้ง ซึ่งเป็นเทคโนโลยีระดับพื้นฐานใช้วงเงินไม่มาก และสามารถนำทรัพยากรท้องถิ่นมาใช้ประโยชน์ได้ การวิจัยและพัฒนาระดับนี้จึงเป็นการประยุกต์วิชาการและเทคโนโลยีที่ทราบว่าใช้ได้ผลแล้วมาใช้ให้เหมาะสมกับสภาพภูมิศาสตร์ของท้องถิ่น และเหมาะสมกับสภาพของผู้ใช้ในท้องถิ่นนั้นๆ

ประเทศไทยซึ่งเป็นประเทศในแถบร้อน มีแสงแดดเพียงพอที่จะทำให้ผลผลิตแห้งได้ เนื่องจากเป็นการถนอมอาหารที่ค่อนข้างถูก หรือใช้ทุนต่ำตลอดจนไม่ต้องอาศัยเทคนิคและ

หลักวิชาการเข้ามาเกี่ยวข้องมากนัก ขณะที่การตากแห้งโดยใช้แสงแดดและกระแสลมตามธรรมชาติมักจะได้ผลิตภัณฑ์อาหารแห้งที่มีคุณภาพค่อนข้างต่ำ เนื่องจากสาเหตุหลายประการ เช่น ไม่สามารถควบคุมอัตราเร็วในการตากแห้งและความสะอาดของผลิตภัณฑ์ได้ รวมทั้งใช้เวลาในการตากแห้งค่อนข้างนาน นอกจากนี้ยังทำได้เฉพาะสถานที่และบางฤดูกาลเท่านั้น เพราะฉะนั้นการนำตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ รวมทั้งผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ จึงน่าที่จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งเมื่อคำนึงความเหมาะสมในด้านต่างๆ

2.5. ทฤษฎีเบื้องต้นของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

การอบแห้งเป็นการลดปริมาณความความชื้นของผลิตภัณฑ์ โดยอาศัยอากาศร้อนเป็นตัวให้ความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์ ทำให้ความชื้นในผลิตภัณฑ์ระเหยออกมา ในขณะเดียวกันอากาศร้อนจะเป็นตัวพาความชื้นที่ระเหยออกมาจากผลิตภัณฑ์ออกไป ขบวนการลดความชื้นออกจากผลิตภัณฑ์จะมีอยู่ 2 ขบวนการคือ

1. การระเหยของน้ำที่บริเวณผิวของผลิตภัณฑ์ เกิดจากการที่ผิวของผลิตภัณฑ์มีความชื้นอยู่มากกว่าความชื้นของอากาศที่อยู่รอบ ๆ ผลิตภัณฑ์ จึงทำให้เกิดการระเหยของน้ำออกจากผิวของผลิตภัณฑ์มาสู่อากาศที่อยู่รอบ ๆ

2. การแพร่ของความชื้นจากภายในผลิตภัณฑ์ออกมาที่ผิว เมื่อภายในผลิตภัณฑ์มีความชื้นมากกว่าที่บริเวณผิว ทำให้เกิดการแพร่ความชื้นจากภายในผลิตภัณฑ์ออกสู่ที่ผิวแล้วจึงค่อยระเหยออกไปสู่อากาศ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.6. การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

มนุษย์รู้จักการใช้แสงอาทิตย์ในการตากแห้งเพื่อเก็บถนอมอาหาร การตากแห้งเสื้อผ้าและเครื่องใช้อื่นๆ มาเป็นเวลาช้านานแล้ว โดยประเทศโคลัมเบีย (วัฒนพงษ์และสังวาล : 2530) ใช้วิธีการตากแห้งเมล็ดกาแฟ โดยนำเมล็ดกาแฟใส่กระบะไม้หรือโลหะนำไปตากบนลาน ประสิทธิภาพในการตากแห้งประมาณ 23 % การตากแห้โดยวิธีนี้นิยมใช้กับฟาร์มขนาดเล็ก ๆ

จากการสำรวจเอกสารต่าง ๆ เกี่ยวกับการอบแห้งกล้วยน้ำว้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่างานวิจัยทางด้านนี้เป็นการศึกษาวิจัยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดต่าง ๆ การ

ศึกษาวิจัยขบวนการอบแห้ง คุณภาพวัตถุดิบ คุณภาพผลิตภัณฑ์ เพื่อพัฒนาขบวนการผลิตกล้วยตากหรือกล้วยอบแห้ง ซึ่งยังมีการศึกษาวิจัยอยู่น้อยมากและยังไม่สามารถนำผลไปใช้พัฒนาส่งเสริมการผลิตในเชิงพานิชย์ได้ และไม่สามารถผลิตได้ตลอดทั้งปี เพราะอาศัยพลังงานแสงอาทิตย์ในการอบแห้งเพียงอย่างเดียว

ในงานโครงการนี้เป็นการประยุกต์ใช้ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบต่าง ๆ เพื่อทำการตากแห้งปลาร้า โดยการนำเอาท่อ PVC และ ข้อต่อต่าง ๆ มาทำการต่อเติมเพื่อทำเป็นตู้อบแห้ง รวมทั้งการออกแบบและสร้างเองด้วย ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบต่างๆ ทั้ง 2 แบบ ที่สร้างขึ้นนี้จึงมีขนาดและรูปร่างแตกต่างกันบางแบบได้ประยุกต์จากตู้อบแห้งที่มีการวิจัยอยู่ที่ภาควิชาเทคโนโลยีอาหารคณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น ตู้อบทั้ง 2 แบบดังกล่าวเป็นการสร้างแบบจำลองขึ้นเพื่อทดสอบว่าตู้อบที่มีรูปแบบตามที่ได้สร้างขึ้นจะสามารถใช้งานได้หรือไม่และเพื่อศึกษาถึงปัญหาต่าง ๆก่อนที่จะสร้างเพื่อให้ใช้งานได้จริง ต่อไป

2.7 การอบแห้งอาหาร

การอบแห้ง คือ กระบวนการที่ความร้อนถูกถ่ายเทด้วยวิธีใดวิธีหนึ่งไปยังวัสดุที่มีความชื้น เพื่อไล่ความชื้นออกโดยการระเหย ในที่นี้จะกล่าวถึงการอบแห้งผลิตภัณฑ์อาหารเท่านั้น ซึ่งผลิตภัณฑ์อาหารส่วนมากจะไม่ใช่วัสดุที่สามารถทำให้แห้งจนความชื้นมีค่าเป็นศูนย์ได้แต่จะมีความชื้นจำนวนหนึ่งแฝงอยู่ (hygroscopic materials) เช่น ผัก ผลไม้ และเนื้อสัตว์ต่างๆ ซึ่งต่างจากวัสดุบางอย่างเช่น ทราย หรือ น้ำ ซึ่งสามารถทำให้แห้งจนความชื้นมีค่าเป็นศูนย์ได้ (non-hygroscopic materials)

ความชื้นในผลิตภัณฑ์อาหารและเมล็ดพืชมีทั้งความชื้นที่เกาะติดที่ผิวของวัสดุ (unbound moisture) ซึ่งสามารถไล่ความชื้นนี้ออกไปได้หมดโดยการให้ความร้อนความชื้นอาจเกาะติดอยู่ภายในผนังด้านในท่อเล็ก (capillaries) ที่อยู่ภายในเนื้อวัสดุ (bound moisture) โดยไม่สามารถไล่ความชื้นภายในวัสดุนี้ได้หมด

การทำให้อาหารแห้ง (drying) หรือการเอาน้ำออกจากอาหาร (dehydration) เป็นวิธีหนึ่งที่มีการใช้กันมาตั้งแต่เริ่มแรกในการเก็บรักษาอาหาร (preservation) และปัจจุบันก็ยังคงมีการเก็บรักษาอาหารแบบพื้นเมืองตามวิธีดังกล่าวเช่นกัน การปรับปรุงกรรมวิธีในการทำให้อาหารแห้งนอกจากคำนึงถึงระยะเวลาที่สั้นในการผลิต ยังคำนึงถึงวิธีการใหม่ๆ เพื่อปรับปรุงอาหารให้มีคุณภาพดีทั้งในแง่การผลิตและการเก็บรักษาอาหาร ปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

เก็บรักษาอาหารแห้งก็ คือ น้ำ เนื่องจากจุลินทรีย์สามรถใช้ในการเจริญเติบโตได้นั้นเอง แต่ไม่ใช่ทุกโมเลกุลของน้ำที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโตเรียกว่า available water หรือ water activity (a_w)

ผลของ water activity ที่มีต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์แต่ละชนิดจะแตกต่างกัน โดยปกติแบคทีเรียจะไม่เจริญที่ a_w มีค่าน้อยกว่า 0.90 ส่วนยีสต์จะถูกยับยั้งการเจริญที่ minimum a_w 0.89 และจุลินทรีย์ทั้งหมดจะถูกยับยั้งการเจริญที่ minimum a_w 0.80 ยกเว้นจุลินทรีย์บางชนิดอาจแตกต่างจากข้อกำหนดดังกล่าว เช่น แบคทีเรียพวก Staphylococcus aureus ถ้าอยู่ภายใต้สภาวะที่ไม่มีอากาศ การเจริญจะถูกยับยั้งที่ minimum a_w 0.90 แต่ถ้าแบคทีเรียชนิดนี้เจริญในสภาวะที่มีอากาศถูกยับยั้งที่ minimum a_w 0.86

โดยทั่วไปอาหารที่ทำแห้งจะมีค่า a_w อยู่ระหว่าง 0.60-0.75 และที่ค่า a_w ดังกล่าวนั้น พวก Halophilic bacteria (แบคทีเรียที่ชอบเกลือ) เจริญได้ที่ a_w 0.75 ส่วน Osmophilic yeasts และ Osmophilic molds (พวกราและยีสต์ที่ชอบน้ำตาล) เจริญที่ a_w 0.60

ดังนั้นในการถนอมอาหาร อาหารจะต้องมีน้ำน้อยกว่าค่า minimum a_w เพื่อป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์นั่นเอง

2.8 การอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์มีมานานแล้วและในปัจจุบันยังคงเป็นที่นิยมใช้กันอยู่กล่าวคือ ผลผลิตทางการเกษตรส่วนใหญ่จะถูกทำให้แห้งโดยวิธีการตากแดด เวลาที่ใช้สำหรับการตากแห้งขึ้นอยู่กับชนิดและความชื้นของผลิตผล ความหนาของชั้นตากแห้ง และสภาวะอากาศ

แม้ว่าการตากแดดจะได้ผลดี แต่ในบางครั้งเกษตรกรประสบปัญหาผลผลิตเปียกชื้นและไม่สามารถทำได้ทันเวลา ทำให้ผลผลิตเสียหาย เช่น มีเชื้อรา และมีสารพิษสูงเกินมาตรฐานเป็นต้น ปัญหาผลผลิตเปียกชื้นมักเกิดในช่วงฤดูฝน ปัญหาดังกล่าวสามารถแก้ไขได้โดยการใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่ได้เปล่า สะอาดปราศจากมลภาวะ แต่การที่จะเก็บเกี่ยวเอาพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้นั้นก็ต้องมีการลงทุนโดยการสร้างเครื่องอบแห้ง

เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ อาจแบ่งตามแบบการไหลของกระแสอากาศได้ 2 แบบ คือ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

1.เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบบังคับ (force convection solar dryer) เครื่องอบแห้งชนิดนี้ จะใช้พัดลมเป็นตัวขับอากาศให้ไหลเวียนภายในเครื่องอบแห้ง

2.เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบธรรมชาติ (free convection solar dryer) เครื่องอบแห้งชนิดนี้ อาศัยหลักการขยายตัวของอากาศร้อนภายในเครื่องอบแห้ง ทำให้เกิดอากาศหมุนเวียนเพื่อช่วยถ่ายเทความชื้นซึ่งเหมาะกับการอบแห้งขนาดเล็กที่ต้องการลงทุนต่ำ

2.9 วิธีการหาค่าความชื้นสมดุล

วิธีการหาค่าความชื้นสมดุลที่นิยมใช้ในการหากับผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรและผลิตภัณฑ์ทางอุตสาหกรรมมีอยู่ 2 วิธี คือ

1. วิธีเชิงสถิติ เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมกันอย่างแพร่หลาย หลักการคือ ทำให้ความชื้นของผลิตภัณฑ์เข้าสู่สมดุลกับอากาศซึ่งอยู่นิ่ง โดยการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิให้คงที่ อุณหภูมิควบคุมได้โดยตู้อบที่สามารถปรับอุณหภูมิได้ ส่วนการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ให้คงที่นั้นจะใช้สารละลายเกลืออิ่มตัว หรือสารละลายกรด และจะชั่งน้ำหนักของผลิตภัณฑ์จนกระทั่งน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ไม่เปลี่ยนแปลง ซึ่งเมื่อน้ำหนักไม่เปลี่ยนแปลงแสดงว่าผลิตภัณฑ์สู่สมดุลแล้ว ค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์นั้นคือค่าความชื้นสมดุลนั่นเอง แม้ว่าการทดลองหาค่าความชื้นแบบนี้จะใช้เวลานานแต่ก็เป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไป

2. วิธีเชิงจลน์ เป็นวิธีที่มีการปรับปรุงมาจากวิธีการเชิงสถิติ ต่างกันที่อากาศรอบๆ ผลิตภัณฑ์จะมีการเคลื่อนที่ในขณะที่วิธีแรกอากาศจะนิ่งอยู่กับที่ จึงทำให้ผลิตภัณฑ์จะมีการเคลื่อนที่ในขณะที่วิธีแรกอากาศจะนิ่งอยู่กับที่ จึงทำให้ผลิตภัณฑ์เข้าสู่สมดุลได้เร็วกว่าวิธีเชิงสถิต คือใช้เวลาประมาณ 1-2 วันหรือน้อยกว่า แต่จะมีข้อเสียคือการควบคุมสภาวะของอากาศซึ่งเคลื่อนที่ให้อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์คงที่มีความยุ่งยากและซับซ้อน

2.10 ความหนาแน่นของวัสดุอบแห้ง

ความหนาแน่นของวัสดุอบแห้งเป็นตัวแปรที่สำคัญอีกตัวหนึ่งที่ใช้ประกอบการวิเคราะห์กระบวนการอบแห้ง แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. ความหนาแน่นจริง หมายถึง อัตราส่วนของมวลต่อปริมาตรของวัสดุ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2. ความหนาแน่นปรากฏ หมายถึง อัตราส่วนมวลต่อปริมาตร ซึ่งใช้เมื่อมีวัสดุกองรวมกันในปริมาณมากๆ ซึ่งรวมกับปริมาตรของเม็ดวัสดุและปริมาณของอากาศที่แทรกตัวอยู่ตามช่องว่าง โดยมีความสัมพันธ์ ดังสมการ

$$\varepsilon = 1 - \left(\frac{\rho b}{\rho t} \right)$$

เมื่อ ε คือ สัดส่วนช่องว่างของอากาศ

ρb คือ ความหนาแน่นปรากฏ, kg/m^3

ρt คือ ความหนาแน่นจริง , kg/m^3

โดยทั่วไปความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นจริงและความชื้น หรือความหนาแน่นปรากฏและความชื้น มักจะเขียนในรูปสมการเชิงเส้น ซึ่งสามารถเขียนได้ดังนี้

$$\rho = a + bM$$

เมื่อ ρ คือ ความหนาแน่น, kg/m^3

M คือ ความชื้นของวัสดุ, % Dry basic

a, b คือ ค่าคงที่

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.11 การหาค่าความชื้นมาตรฐานแห้ง

%db = (มวลน้ำหนักก่อนอบ – มวลน้ำหนักแห้ง) / มวลน้ำหนักแห้ง

ข้อมูลที่มี มวลน้ำหนักก่อนอบ 65 กรัม

มวลน้ำหนักแห้ง 18 กรัม

จากสมการ %db = (65 – 18) / 18

= 262 %db

แต่ %db ที่ต้องการจะอยู่เฉลี่ย 55 – 57 %db

เพราะฉะนั้น

มวลน้ำหนักเฉลี่ยที่ลดลงเหลือ = [(18*%db) / 100] + 18

= 28 กรัม (db)

2.12 การหาค่าความชื้นมาตรฐานเปียก

%wb = (มวลน้ำหนักก่อนอบ – มวลน้ำหนักแห้ง) / มวลน้ำหนักก่อนอบ

ข้อมูลที่มี มวลน้ำหนักก่อนอบ 65 กรัม

มวลน้ำหนักแห้ง 18 กรัม

จากสมการ %wb = (65 – 18) / 65

= 73 %wb

แต่ %wb ที่ต้องการจะอยู่ที่เฉลี่ย 35 %wb

เพราะฉะนั้น

(มวลน้ำหนักเฉลี่ยที่ลดลงเหลือ) *%wb = (มวลน้ำหนักเฉลี่ยลดลงเหลือ) – 18

แทนค่าทั้งสองให้เหมือนกัน จะได้ = 28 กรัม (wb)

2.13 การหาค่าอัตราการถ่ายความร้อนของอากาศที่ใช้ในการอบ

จากสมการ $Q = m_a C_{pa}(T_o - T_i)$

Q = ความร้อน (W)

m_a = อัตราการไหลของมวล (kg/s)

C_{pa} = ความร้อนจำเพาะ (kJ/kg °C)

T_o = อุณหภูมิก่อนเข้าตู้อบ (°C)

T_i = อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (°C)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

เช่น ต้องการหาค่าความร้อนที่ใช้ในการอบในขณะนั้นว่ามีค่าเท่าไร

กำหนด m_a = 0.0072 kg/s

C_{pa} = 1.006 kJ/kg °C

T_o = 26 °C

T_i = 24 °C

Q = 0.0072 (kg/s) × 1.006 (kJ/kg °C) × (26 – 24) °C

ค่าความร้อนที่ใช้ในการอบในขณะนั้น = 14.48 W

2.14 การหาประสิทธิภาพทางความร้อนของการอบแห้ง

สมการ $\eta = Q_o/Q_i$

η = ความร้อนที่ใช้ระเหยน้ำออกจากวัสดุ/ความร้อนที่ให้แก่เครื่องอบแห้ง

$Q_o = m_w h_{fg}$

= มวลของน้ำที่ระเหย × ความร้อนแฝงของการระเหยน้ำในวัสดุ

Q_i = ค่าความร้อนจากแสงอาทิตย์ × ระยะเวลาในการอบ

กรณีใช้ความร้อนจาก solar dryer เพียงอย่างเดียว

เมื่อ $G_T = 710\ (W/m^2)$

$t = 7.5\ (hr) \times 3{,}600\ (s/hr) = 27{,}000\ (s)$

$A_C = 2.352\ (m^2)$

$\eta_C = 22.811\%$

$m_w = 0.688\ (kg)$

$h_{fg} = 257\ (kJ/kg)$

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สมการ $\eta = Q_o / Q_i$

$= \{[0.688(kg) \times 2{,}257(kJ/kg)]\}/\{[710(W/m^2) \times 2.352(m^2) \times 27{,}000(s) \times 0.22]/1{,}000\}$

$= 1{,}552.86 / 9919.32$

$= 0.1565 \times 100$

$= 15.65\%$

2.15 วอเตอร์แอกทิวิตี้

สาเหตุหลักของการเสื่อมสภาพในผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการอบแห้ง คือ ปริมาณน้ำที่เหลืออยู่หลังจากผ่านกระบวนการอบแห้งมาแล้ว หากว่าปริมาณน้ำนั้นพอเหมาะที่จะทำให้เชื้อจุลินทรีย์ต่างๆ สามารถเจริญเติบโตได้แล้ว จะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เน่าและเสียหายได้ โดยที่ปริมาณน้ำที่เชื้อจุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตได้นี้เราเรียกว่าค่า water activities (A_w) สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$A_w = \frac{P_o}{P}$$

เมื่อ A_w = water activities

P_o = ความดันไอของน้ำในผลิตภัณฑ์

P = ความดันไอของน้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิเดียวกัน

อาหารที่มี A_w ต่ำจะทำให้เชื้อจุลินทรีย์เจริญได้ช้าลง ลดปฏิกิริยาของเอนไซม์จึงลดการเหม็นหืนในอาหารได้ สามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้ได้นาน

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.16 การคำนวณหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของแผงรับรังสีดวงอาทิตย์

มาตรฐานการทดสอบแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ที่ใช้ของเหลวและอากาศ มีหลักสำคัญสามารถหาได้จากสมการ

$$Q_u = \dot{m} C_p (T_o - T_i)$$

สมการแสดงสมรรถนะทางความร้อนของแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ที่ทำงานภายใต้สภาวะคงที่ ซึ่งสามารถเขียนใหม่ ดังนี้

$$Q_u = A_C F_R \left[G_T (\tau\alpha) - U_L \left(T_i - T_{amb} \right) \right]$$

โดยที่ $\tau\alpha$ คือ ค่าการส่งผ่านของแผ่นกระจก และค่าการดูดกลืนของแผ่นดูดกลืน ซึ่งขึ้นอยู่กับสัดส่วนของรังสีตรง รังสีกระจาย และรังสีสะท้อนจากพื้นดินไปยังแผงรับรังสี สมการสามารถใช้หาประสิทธิภาพชั่วขณะได้ ดังสมการ

$$\eta_i = \frac{Q_u}{A_C G_T} = F_R(\tau\alpha) - F_R U_L\left(T_i - T_{amb}\right)$$

$$\eta_i = \frac{Q_u}{A_C G_{Ti}} = \frac{m_{Cp}(To - Ti)}{A_C G_T}$$

และ $\dot{m} = \rho AV$

เมื่อ ρ คือ ความหนาแน่นของอากาศ (kg/m^3)

A คือ พื้นที่หน้าตัดของปล่อง Chimney (m^2)

V คือ อัตราการไหลของอากาศ (m/s)

Q_U คือ ค่าความร้อนที่นำไปใช้ประโยชน์ ถ้า $Q_U > 0$ แสดงว่ารังสีที่ถูกดูดกลืนมากกว่าค่าความร้อนที่สูญเสีย (W)

η_i คือ ประสิทธิภาพเชิงความร้อนชั่วขณะของแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ (%)

$\dot{m}$ คือ อัตราการไหลเชิงมวล (Kg/s)

C_p คือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะ (kJ/kg °C)

T_o คือ อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศที่ทางออกของแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ (°C)

T_i คือ อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศที่ทางเข้าของแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ (°C)

T_a คือ อุณหภูมิของอากาศแวดล้อม (°C)

A_c คือ พื้นที่ของแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ (m^2)

F_R คือ แฟกเตอร์การนำความร้อนมาใช้ของแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ (ไร้หน่วย)

U_L คือ สัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนจากผิวดูดรังสีสู่สิ่งแวดล้อม (W/m^2 °C)

GT คือ รังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนระนาบแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ (W/m^2)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

โดยทั่วไปการทดสอบจะนำแผงรับรังสีดวงอาทิตย์มาดำเนินการภายใต้สภาวะที่ใกล้เคียงกับสภาวะคงที่ จะต้องวัดข้อมูลเพื่อนำมาคำนวณค่า Q_u จากสมการ ทำการวัดค่า G_T, T_i และ T_a ซึ่งสามารถวิเคราะห์โดยใช้สมการ การทดสอบกลางแจ้งจะทำการทดสอบในช่วงเวลาเที่ยงของวันที่อากาศแจ่มใสซึ่งจะมีรังสีตรงสูง และค่อนข้างตั้งฉากกับแผงรับรังสีดวงอาทิตย์

ตัวปรับค่ามุมตกกระทบของรังสีดวงอาทิตย์ (K) สามารถใช้คำนวณหาค่าการหักเหจากค่าปกติของมุมรังสีตกกระทบบนช่องรับแสง สำหรับแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ทรงกระบอกจำเป็นต้องมีการปรับค่ามุมตกกระทบทั้งสองแกน โดยแยกพิจารณาสำหรับระนาบตามยาวและตามขวาง สำหรับจานกลมนั้น เนื่องจากมีความสามาตรอยู่แล้ว ดังนั้นการปรับค่ามุมตกกระทบเพียงค่าเดียวก็เพียงพอแล้ว ถ้าแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ไม่สมมาตรทั้งหมดก็จำเป็นต้องมีการปรับค่าทั้งสองแกน ตามสมการ

$$K = \frac{\eta_i}{F_R(\tau\alpha)n^n}$$

เมื่อ K คือ ตัวปรับมุมตกกระทบของรังสีดวงอาทิตย์ (องศา)

n คือ ค่าปกติของมุมรังสีตกกระทบบนช่องรับแสงอาทิตย์ (Normal direction ; ไร้หน่วย)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.17 ปลาร้า

ปลาร้าเป็นอาหารหมักดองที่คนไทยนิยมรับประทานกันทั่วไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งคนไทยในชนบทภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งตามสถิติพบว่ารับประทานเฉลี่ยคนละประมาณ 10.5 กรัมต่อวัน โดยนำปลาร้ามาประกอบอาหารประจำวัน เช่น ส้มตำ แจ่วบอง ซุปหน่อไม้ แกงลาว หรือแกงพื้นบ้านต่างๆ

ปลาร้า เป็นเครื่องปรุงรสของคนอีสาน ที่ทำจากการหมักปลากับเกลือผสมกับข้าวคั่วทั้งเปลือกโขลกจนละเอียด หมักจนน้ำไหลเยิ้มออกมาเป็นปลาร้า ตัวปลาก็ค่อย ๆ เปื่อยไป เรื่อยๆการกินปลาร้ามีหลายวิธี ตั้งแต่นำปลาร้ามาทอด ห่อใบตองย่างปิ้ง แต่ที่นิยมแพร่หลายมากก็คือ ปลาร้าบอง คือ การนำปลาร้ามาสับละเอียด ใส่เครื่องปรุง ได้แก่ข่าซอย ตะไคร้

ซอย หอมแดงเผา ใบมะกรูดหั่นฝอย มะขามเปียก และพริกป่น ปลาร้าบองมีทั้งแบบดิบและแบบผัดกับน้ำมัน ให้สุก ตลอดจนแบบคั่วหรือปิ้งสุก กินกับข้าวเหนียวนึ่งและผักสดทุกชนิด อันที่จริงปลาร้าบองก็คือ " น้ำพริก"

ทางด้านคุณค่าทางอาหารนั้น ปลาร้านอกจากจะมีรสชาติอร่อยถูกปาก และราคาค่อนข้างถูกแล้ว ยังมีคุณค่าทางอาหารสูง โดยมีสารอาหารที่ร่างกายต้องการอยู่ ดังนั้นผู้ที่รับประทานปลาร้าเป็นประจำและในปริมาณที่เพียงพอจะไม่ป่วยเป็นโรคขาดสารโปรตีน โรคโลหิตจางชนิดเม็ดเลือดแดงใหญ่ และโรคขาดวิตามินบางอย่าง เป็นต้น

ปลาร้านั้นเป็นอาหารที่มีคุณค่าและมีประโยชน์ต่อร่างกายก็จริง แต่ถ้านำมารับประทานไม่ถูกวิธีหรือไม่เหมาะสม ก็อาจเกิดโทษต่อร่างกายได้ เนื่องจากการทำปลาร้าต้องผ่านกระบวนการหมักดองนานพอสมควร จึงอาจจะมีสารพิษเกิดขึ้นได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารพิษพวกไนโตรซามีน (nitrosamine) ซึ่งอาจทำให้เกิดโรคมะเร็งในระบบทางเดินหายใจและทางเดินอาหารได้ นอกจากนี้ยังพบว่าในปลาน้ำจืดหลายชนิดที่จับมาจาก ห้วย หนอง คลอง บึง มักจะมีไข่ของพยาธิบางชนิด เช่น พยาธิใบไม้ ซึ่งถ้าบริโภคปลาร้าดิบที่ทำจากปลาที่มีไข่พยาธิติดมา ก็จะทำให้ผู้บริโภคเป็นพยาธิ และอาจเป็นสาเหตุของมะเร็งในตับและในท่อน้ำดีได้

เพื่อหลีกเลี่ยงอันตรายดังกล่าวและเพื่อให้ได้ประโยชน์ต่อร่างกายมากที่สุด จึง " ควรต้อง" ปฏิบัติดังนี้ คือ

1. เลือกรับประทานปลาร้าที่ผ่านการหมักอย่างน้อย 6 เดือนขึ้นไป จึงจะปลอดภัย เพราะการหมักนาน ๆ จะทำให้ไข่หรือตัวอ่อนของพยาธิที่อาจติดมากับตัวปลาตายหมด

2. ต้องรับประทานเฉพาะปลาร้าที่ " ทำให้สุก " เสียก่อน เพราะการทำให้สุกไข่และตัวอ่อนของพยาธิ รวมทั้งสารพิษไนโตรซามีนจะถูกทำลายหมดไป และการทำให้สุกก็ไม่ได้ทำให้ปลาร้าสูญเสียคุณค่าทางอาหารไปมากนัก ยกเว้นสารอาหารวิตามินบางชนิดอาจสลายตัวไปบ้างเท่านั้น

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ 2.3 สารอาหารและแร่ธาตุที่ร่างกายต้อง

สารอาหารและแร่ธาตุ	ปริมาณที่ร่างกายต้องการ(คิดเป็น %)
คาร์โบไฮเดรต	1.75
โปรตีน	16
ไขมัน	6.10
วิตามินบี-สิบสอง	2.17
แคลเซี่ยม	1.5056
ฟอสฟอรัส	661.75

2.17.1 วิธีการหมักทำปลาร้า

การหมักทำปลาร้านั้นค่อนข้างง่าย โดยอาจจะแบ่งกรรมวิธีการทำออกได้เป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้ คือ

1. การคัดเลือกและเตรียมวัตถุดิบ วัตถุดิบในการหมักทำปลาร้า คือ ปลา เกลือ และข้าวคั่ว

1.1 ปลาที่นิยมนำมาหมักทำปลาร้าส่วนใหญ่นิยมใช้ปลาน้ำจืด ที่จับได้จากลำห้วย หนอง คลอง บึง ซึ่งจะได้ปลาที่มีกลิ่นหอม น่ารับประทาน และมีคุณภาพดีกว่าปลาร้าที่ทำจากปลาทะเล ปลาร้าที่มีกลิ่นหอมและคุณภาพที่ดีที่สุดจำปลาช่อน รองลงมาคือปลากระดี่ และปลาแขยง ปลาชนิดอื่นที่นิยมนำมาทำปลาร้าก็มีปลาดุก ปลาสร้อย และปลาหมอ เป็นต้น ปลาที่นำมาทำต้องอยู่ในสภาพสด และควรมีปริมาณไขมันต่ำ เพราะปลาไขมันสูงจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้เกิดกลิ่นหืนได้ง่าย

ในการเตรียมปลาสำหรับทำปลาร้านั้น ถ้าเป็นปลาขนาดใหญ่ให้นำมาขอดเกล็ดตัดหัวและเอาเครื่องในออก ตัดเนื้อปลาออกเป็นชิ้น ถ้าเป็นปลาขนาดเล็กอาจใช้ทั้งตัว แต่ควรเอาเกล็ดและเครื่องในออก นำมาล้างให้สะอาด แล้วผึ่งให้สะเด็ดน้ำ

1.2 เกลือ ใช้เกลือป่นที่สะอาดและใช้ได้ทั้งเกลือสมุทร (เกลือทะเล) และเกลือสินเธาว์

1.3 ข้าวคั่ว ใช้ข้าวสารหรือปลายข้าว ซึ่งส่วนมากจะนิยมใช่ข้าวข้าวมากกว่าข้าวเหนียว โดยนำข้าวสารหรือปลายข้าวมาคั่วให้เหลืองแล้วบดหรือตำให้ละเอียด

2. การหมักปลากับเกลือ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.1 อัตราส่วนของปลาต่อเกลือ ใช้ปลา 3-5 ส่วนต่อเกลือ 1 ส่วน โดยน้ำหนัก ปริมาณเกลือที่ใช้จะเป็นตัวกำหนดระยะเวลาในการหมัก ถ้าใช้เกลือน้อยจะได้ปลาร้าเร็ว แต่เก็บไว้ไม่นาน ถ้าใช้เกลือมากจะได้ปลาร้าช้า แต่เก็บไว้ได้นานขึ้น

2.2 นำปลาที่เตรียมไว้มาคลุกเคล้ากับเกลือแล้วบรรจุในโอ่งหรือไห ใช้เสื่อลำแพนหรือไม้ไผ่สานขัดแตะคลุมทับตัวปลา แล้วใช้ของหนัก ๆ เช่น ก้อนหินทับไว้เพื่อให้ปลาจมอยู่ในน้ำเกลือ หาฝาคลุมโอ่งหรือไหเพื่อป้องกันแมลง

2.3 การหมักในขั้นนี้ใช้เวลาประมาณ 1-2 สัปดาห์

3. การหมักกับข้าวคั่ว การหมักในขั้นนี้เพื่อให้อาหารแป้งจากข้าวคั่วช่วยปรุงแต่งให้ปลาที่หมักเกลือไว้ดีแล้วมีกลิ่นรสดียิ่งขึ้น โดยจะเกิดรสหวาน และกลิ่นหมอขึ้นในปลาร้า

3.1 อัตราส่วนของปลาหมักเกลือต่อข้าวคั่ว คือ 10 ต่อ 1 หรือ 4 ต่อ 1 หรือใช้ข้าวคั่วระหว่าง 10 ถึง 25 % ของน้ำหนักปลา ปริมาณข้าวคั่วยิ่งมากก็จะทำให้ต้นการผลิตสูงขึ้นด้วย

3.2 นำข้าวคั่วมาคลุกเคล้ากับปลาที่หมักไว้ แล้วเอากลับหมักใส่ไหใช้ไม้ไผ่ขัดปากไปไม่ให้ปลาลอยขึ้นมา เหนือน้ำเกลือ

3.3 อุณหภูมิที่เหมาะสมในการหมักควรอยู่ระหว่าง 28.35 องศาเซลเซียส

3.4 ใช้เวลาในการหมักอย่างน้อย 6 เดือน จะได้ปลาร้าที่มีคุณภาพดี สะอาด เนื้อนุ่ม และมีกลิ่นหอม

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ 2.4 คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ปลาร้า

สารอาหาร(มิลลิกรัม)	เนื้อปลาร้า	น้ำปลาร้า
วิตามินเอ	0.02	0.0
วิตามินบีหนึ่ง	0.16	0.0
วิตามินบีสอง	0.60	0.0
ไนอาซีน	939.55	76.5
แคลเซียม	648.2	42.5
ฟอสฟอรัส	4.25	0.0
เหล็ก	195.0	0.0

2.18 ชนิดอันตรายและสาเหตุการปนเปื้อนในปลาร้า

2. 18.1. อันตรายทางกายภาพ

ได้แก่ เศษไม้ เศษผม เศษแก้ว เศษโลหะ และเศษวัสดุอื่นๆ สาเหตุ เกิดจากการปนเปื้อนของเศษไม้ที่ใช้ในการบวนการผลิต คือใช้ไม้จิ้มฟันในขั้นตอนการไล่อากาศ และอันตรายจากผู้ประกอบการ เช่น เส้นผม ขณะผู้ประกอบการกำลังปฏิบัติงานเส้นผมอาจร่วงหล่นไปปะปนกันอาหาร

2.18.2. อันตรายทางด้านจุลินทรีย์

ถ้าผู้บริโภคบริโภคปลาร้าดิบโดยไม่มีการทำให้สุกโดยการให้ความร้อนก่อน ทำให้ผู้บริโภคมีโอกาสได้รับอันตรายจากเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในปลาร้าได้ เช่น จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคทางอาหารพวก *E. coli* และ *Salmonella spp.* หรือ สตาฟิโลค็อกคัส ออเรียส

2. 18.3. อันตรายทางด้านเคมี

- ห้ามใช้สีทุกชนิดและวัตถุกันเสีย ได้แก่ ไนเตรต ไนไตรต์ เบนโซเอต และการใช้วัตถุกันเสียให้เป็นไปตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข
- ต้องมีค่าความเป็นกรด-เบส อยู่ระหว่าง 4.5-5.0

2.19 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สมชาติ โสภณรณฤทธิ์ (2540) ทำการศึกษาการอบแห้งด้วยพลังงานรังสีอาทิตย์ในประเทศไทยเป็นการศึกษาทบทวนงานวิจัยและพัฒนาเกี่ยวกับการอบแห้งด้วยพลังงานรังสีอาทิตย์ในประเทศไทยในช่วง 15 ปีที่ผ่านมา ผลการวิจัยด้านวิชาการและเศรษฐศาสตร์แสดงให้เห็นว่าการอบแห้งธัญพืช เช่น ข้าวเปลือก พืชหมุนเวียน และผลไม้นั้นได้ผลดี อย่างไรก็ตามจำนวนเกษตรกรและพื้นที่ที่ยอมรับการอบแห้งด้วยพลังงานรังสีอาทิตย์นั้นยังมีอยู่น้อยมาก ซึ่งอาจเนื่องมาจากระยะเวลาคืนทุนนานและเงินลงทุนสูง นอกจากนี้ ยังได้ศึกษาทบทวนงานวิจัยและพัฒนาเกี่ยวกับตัวรับรังสีทำอากาศร้อนด้วยพลังงานรังสีอาทิตย์ด้วย ส่วนใหญ่ติดตั้งบนหลังคาโรงเรือน ตัวรับรังสีทำอากาศร้อนด้วยพลังงานรังสีอาทิตย์ทั้งแบบมีกระจกปิดและแบบไม่มีกระจกปิดนั้น เมื่อเปรียบเทียบกับการทำอากาศร้อนด้วยกระแสไฟฟ้านับว่ามีความเหมาะสม แต่ไม่สามารถเทียบได้กับการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง ดังนั้นควรจะมีงานวิจัยและ

วิทยานิพนธ์ งานวิจัย สำนักวิทยบริการฯ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

พัฒนาเพิ่มต่อไป เพื่อลดค่าใช้จ่ายและควรมีการพัฒนามาตรฐานการทดสอบของตัวรับรังสีทำอากาศร้อนด้วยพลังงานรังสีอาทิตย์

จากการประเมินพบค่าใช้จ่ายในการอบแห้งมะละกอแช่อิ่ม พบว่าเท่ากับ 12.8 บาทต่อกิโลกรัมที่ระเหย โดยแยกเป็นค่าใช้จ่ายด้านพลังงานเท่ากับ 5.3 บาทต่อกิโลกรัมน้ำที่ระเหยค่าใช้จ่ายด้านการบำรุงรักษาเท่ากับ 1.4 บาทต่อกิโลกรัมน้ำที่ระเหย และค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องอบแห้งเท่ากับ 6.1 บาทต่อกิโลกรัมน้ำที่ระเหย

สมชาติ โสภณรณฤทธิ์ (2540) การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์มีมานานแล้ว และในปัจจุบันยังเป็นที่นิยมใช้กันอยู่กล่าวคือผลิตผลทางการเกษตรส่วนใหญ่ถูกทำให้แห้งโดยวิธีการตากแห้ง เวลาที่ใช้ในการตากแห้งขึ้นอยู่กับชนิดและความชื้นของผลิตผล ความหนาของชั้นตากแห้ง และสภาวะอากาศ เมล็ดพืชส่วนใหญ่ใช้เวลาในการตากแห้งประมาณ 1 – 3 วัน ถั่วลิสงใช้เวลาประมาณ 3 – 5 วัน และมะพร้าวใช้เวลาประมาณ 7 วัน

แม้ว่าการตากแห้งจะได้ผลดี แต่บางครั้งเกษตรประสบปัญหาผลผลิตเปียกชื้นและไม่สามารถทำให้แห้งทันเวลา ทำให้ผลิตผลเสียหาย เช่นมีเชื้อรา และสารพิษสูงกว่ามาตรฐาน เป็นต้น ปัญหาผลผลิตเปียกชื้นมักเกิดขึ้นในช่วงฤดูฝน ปัญหาดังกล่าวสามารถแก้ไขได้โดยใช้เครื่องอบแห้ง ในบทนี้จะกล่าวถึงการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่ได้เปล่า สะอาดปราศจากมลพิษ แต่การที่เก็บเกี่ยวเอาพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้นั้นต้องมีการลงทุน โดยการสร้างเครื่องอบแห้ง เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่เป็นตัวรับรังสีดวงอาทิตย์เพื่อทำให้อากาศร้อนและส่วนที่เป็นเครื่องอบแห้งซึ่งใช้ใส่ผลิตผลที่ต้องการอบแห้ง

เครื่องอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์โดยทั่วไปประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ ตัวเครื่องอบแห้งและตัวรับรังสีดวงอาทิตย์ ตัวรับรังสีทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นความร้อนเพื่อนำมาใช้อุ่นอากาศก่อนที่จะไหลเข้าห้องอบแห้ง นอกจากนี้ยังอาจมีส่วนอื่นๆ เช่น แหล่งความร้อนเสริมและพัดลม เป็นต้น

การอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์สามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ แบบการไหลของอากาศเป็นแบบธรรมชาติ ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากความแตกต่างของระดับที่จุดเข้าและจุดออกของเครื่องอบแห้งและความแตกต่างระหว่างความหนาแน่นของอากาศภายนอกและภายในของเครื่องอบแห้ง การอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์อีกแบบหนึ่งคือการไหลของอากาศเป็นแบบบังคับซึ่งโดยทั่วไปใช้พัดลมเป็นตัวสร้างความดันให้เท่ากับความแตกต่างของความดันรวมระหว่างที่ทางเข้าและที่ทางออกของเครื่องอบแห้ง การอบแห้งแบบการไหลของอากาศเป็นแบบ

199682

ธรรมชาติเหมาะกับงานขนาดเล็กในไร่นาหรืออุตสาหกรรมขนาดเล็ก ทั้งนี้เพราะเครื่องอบแห้งแบบนี้มีราคาถูก สร้างได้ง่าย ส่วนการอบแห้งของการไหลของอากาศเป็นแบบบังคับเหมาะสมกับงานทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ ต้องลงทุนมากขึ้นสร้างยากขึ้น แต่ก็สามารถออกแบบให้การทำงานของระบบมีประสิทธิภาพและความเชื่อถือสูง

การแบ่งชนิดของเครื่องอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์ก็ยังสามารถแบ่งได้เป็นแบบได้รับรังสีโดยตรงและโดยอ้อม หรือผสม คือ มีทั้งได้รับรังสีโดยตรงและโดยอ้อม การรับรังสีโดยตรงมีข้อดีในแง่ของประสิทธิภาพอบแห้งที่สูงกว่า แต่ก็ยังมีข้อเสียสำหรับกรณีของผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ เปลี่ยนแปลงได้ง่ายถ้าได้รับรังสีโดยตรง นอกจากนี้ยังควบคุมระดับอุณหภูมิได้ค่อนข้างยาก

การอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์ก็คล้ายคลึงกับการอบแห้งโดยใช้เชื้อเพลิงอื่น ต่างกันตรงที่ว่า ระดับอุณหภูมิของอากาศที่ใช้อบแห้งอาจเปลี่ยนแปลงตามความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ แต่ก็สามารถปรับปรุงได้โดยเสริมพลังงานในรูปแบบอื่น ซึ่งจะทำให้ระดับอุณหภูมิค่อนข้างคงที่ ดังนั้นหากมองในแง่การถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวลระหว่างอากาศและผลิตภัณฑ์ที่ยังคงเหมือนกับเครื่องอบแห้งที่ใช้เชื้อเพลิง

สุญชัย พลตื้อ (2546) ทำการศึกษาคุณลักษณะการอบแห้งมะม่วงแช่อิ่มด้วยเทคนิคสเปาเต็ดเบดร่วมกับไมโครเวฟได้นำมะม่วงแก้วแช่อิ่ม ภายใต้เงื่อนไขต่างๆ ของเทคนิคการอบแห้ง 3 แบบ โดยอบแห้งมะม่วงแช่อิ่มครั้งละ 3500 กรัม จากความชื้นเริ่มต้น 58.5 – 63.5 % มาตรฐานเปียก จนมีความชื้นสุดท้าย 18 % มาตรฐานเปียก ดังนี้

1. การอบแห้งด้วยเทคนิคเบดอยู่กับที่ทดลองภายใต้อุณหภูมิลมร้อนที่ 60 ± 2 ^{o}C และอัตราการไหลของร้อนจำเพาะ 10 กิโลกรัมอากาศแห้งต่อชั่วโมง – กิโลกรัมมะม่วง ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเส้นโค้งการอบแห้งมีทั้งหมด 3 ช่วงคือ การให้ความร้อนเบื้องต้นด้วยแก่วัสดุ การอบแห้งด้วยวัสดุ การอบแห้งคงที่ และการอบแห้งลดลง และใช้เวลาการอบแห้ง 17.6 ชั่วโมง ความสามารถในการอบแห้ง 0.09 กิโลกรัมมะม่วงแห้งต่อชั่วโมง และความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ 15.87 เมกะจูลต่อกิโลกรัมน้ำระเหย

2. การอบแห้งด้วยเทคนิคเปาเต็ดเบด ภายใต้อุณหภูมิร้อนที่ 60 ± 2 ^{o}C ความเร็วที่ความเร็วลมเข้าที่ด้านล่างห้องอบ 6.1 เมตรต่อวินาที และใช้อัตราการหมุนเวียนของอากาศ 0, 35, 60, 80 และ 90 % พบว่า % การหมุนเวียนอากาศเพิ่มมากขึ้นทำให้ความสิ้นเปลืองพลังงานลดลงและอัตราการหมุนเวียน อากาศที่เหมาะสมคือ 80 % โดยใช้เวลา

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

120-150 kg เครื่องอบแห้งนี้สามารถลดความชื้นได้อย่างรวดเร็ว เมื่อเทียบกับเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบการไหลของอากาศแบบธรรมชาติ และเครื่องอบแห้งยังถูกออกแบบให้มีพื้นที่ห้องอบแห้งป้องกันการรบกวนของแมลงและฝุ่นได้อย่างดี คุณภาพของสับปะรดที่อบแห้งได้ปรากฏว่าใกล้เคียงกับสับปะรดที่ใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบการไหลของอากาศแบบธรรมชาติและสามารถนำไปบริโภคได้

Jain (2006) ศึกษาการนำความร้อนและสัมประสิทธิ์การถ่ายโอนมวลของการอบแห้ง กุ้งนาง และปลาคาร์พ โดยมีการศึกษาอัตราการอบแห้งและความชื้นของอากาศแวดล้อมข้อมูลเหล่านี้นำใช้สำหรับการกำหนดค่าสัมประสิทธิ์ของการนำความร้อนและการถ่ายโอนมวล พบว่ากำหนดค่าสัมประสิทธิ์ของการนำความร้อนและการถ่ายโอนมวล และพบว่าส่วนใหญ่การอบแห้งจะขึ้นอยู่กับการถ่ายเทมวล ณ ช่วงเวลาหนึ่งๆ

Mwithiga และ Kigo (2006) ได้มีการทดลองออกแบบสร้างและทดสอบเครื่องอบแห้งด้วยรังสีดวงอาทิตย์ โดยเครื่องอบแห้งจะมีแผ่นดูดซับรังสีเป็นเหล็กเบาและ PVC โปร่งใส ครอบคลุมและสามารถปรับตามทิศทางของดวงอาทิตย์ที่หมุนไปได้ทุกๆ 15 °C โดยใช้กาแฟเป็นผลิตภัณฑ์ในการอบแห้ง พบว่ามีการกระจายของอุณหภูมิในเครื่องอบแห้งและอัตราการอบแห้งของกาแฟดงที่ต่อเนื่อง อุณหภูมิภายในห้องอบแห้งสูงสุดถึง 70.4 °C และเครื่องอบแห้งนี้สามารถลดความชื้นของกาแฟ ได้ต่ำกว่า 13% มาตรฐานเปียก ภายใน 2 วัน ซึ่งปกติใช้เวลาถึง 5-7 วัน ในการใช้การอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์นี้ ถึงแม้ว่าการลดความชื้นลงอย่างรวดเร็วหรือการอบแห้งที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วนั้นจะทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์นั้นไม่ดีเท่าที่ควร แต่ก็สามารถพิสูจน์ได้ว่าการอบแห้ง ลักษณะนี้สามารถลดระยะเวลาในการอบแห้งลงได้

Shanmugam และ Natarajan (2005) ศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งถั่วเขียวด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ เครื่องอบแห้งจะประกอบด้วยแผ่นรับรังสีแบบแผ่นเรียบ โดยมีเกลือ $CaCl_2$ 75 kg และประกอบด้วย 60% bentonite ธาตุแคลเซียม 10% chloride 20% vermiculite และ 10% ซีเมนต์ ทดลองอบแห้งฝักถั่วเขียวที่มีการไหลเวียนอากาศแตกต่าง วัดค่าความชื้นสมดุล 3 ช่วง 14 18 และ 21 ชั่วโมง ที่อัตราการไหลอากาศเท่ากับ 0.03 0.02 และ 0.01 kg/m^2s ตามลำดับ พิจารณาอัตราการดูดความชื้นจำเพาะที่ มวลที่สูญเสีย ความกว้างยาว อัตราการหดตัวมวลและอัตราการอบแห้ง พบว่าค่าที่เหมาะสม อยู่ที่วัดค่าความชื้นสมดุล 14 ชั่วโมง อัตราการไหลอากาศเท่ากับ 0.03 kg/m^2s

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

Zhimin Li et.al. (2006) มีการศึกษาเกี่ยวกับเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์กับลูกพลัมสดและลูกพลัมแช่เกลือ เครื่องอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์นี้มีพื้นที่รับแสงขนาด 6 m^2 ห้องอบแห้งที่โปร่งแสง แสงแดดสามารถส่องผ่านเข้าไปได้ เครื่องอบมีพัดลมมอเตอร์ขนาด 20 วัตต์ จำนวน 3 ตัว ทดลองเปรียบเทียบระหว่างเครื่องอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบการไหลของอากาศตามธรรมชาติกับเครื่องอบแห้งที่เป็นแบบการไหลของอากาศแบบบังคับด้วยพัดลม พบว่าแม้วันที่ท้องฟ้ามีเมฆในเวลากลางวันอุณหภูมิของอากาศในเครื่องอบแห้งยังสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศแวดล้อมส่งผลให้การอบแห้งมีประสิทธิภาพดี ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งเพียง 15 วัน สำหรับลูกพลัมที่แช่เกลือ และ 20 วันสำหรับลูกพลัมสดและผลิตภัณฑ์ยังมีคุณภาพตามต้องการ

พัฒนา ใจอุตย์ (2540) ศึกษาเกี่ยวกับการอบแห้งพริกขี้หนูด้วยเครื่องอบแห้งระบบสลับหมุนเวียนลมร้อน เพื่อหาวิธีการที่เหมาะสมในการอบแห้งพริกขี้หนูสด และหาผลกระทบของการลวกพริกขี้หนูในน้ำเดือดต่อกระบวนการอบแห้ง มีการทดลองเปรียบเทียบ 2 ลักษณะ คือ แบบสลับลมร้อนและแบบที่เป็นการสลับถุงพริกในระหว่างการอบแห้ง พบว่าพริกที่มีการสลับลมร้อนมีแนวโน้มการลดความชื้นสูงกว่า เนื่องจากมีการสลับลมร้อนเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการกระจายลมร้อนได้สม่ำเสมอมากกว่า สีของพริกที่อบแบบสลับลมร้อนมีสีสม่ำเสมอมากกว่าการอบแห้งแบบสลับถุงพริก ส่วนการลวกพริกในน้ำเดือดก่อนทำการอบนั้นพบว่าไม่มีผลต่อการลดความชื้นของพริก เนื่องจากการลวกยังไม่ดีพอแต่การลวกพริกก่อนอบนั้นทำให้คุณภาพสีของพริกหลังการอบมีคุณภาพดีกว่า

รัฐธิปัตย์ ปางวัชรากร (2540) ศึกษาการอบแห้งพริกชี้ฟ้าสดด้วยเครื่องอบแห้งรังสีแสงอาทิตย์ โดยเครื่องอบแห้งประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นพื้นที่รับแสงและพื้นที่อบแห้ง ซึ่งวางต่อกันเป็นแนวยาว โดยทั้งสองส่วนคลุมด้วยพลาสติกใสและใช้พัดลมช่วยในการพาอากาศร้อนจากการทดลองพบว่า ใช้เครื่องอบแห้งขนาดห้องอบแห้ง 1.2 × 2.5 เมตร สามารถอบแห้งพริกชี้ฟ้าสดได้ 20 kg ที่ความชื้นเริ่มต้นของพริกประมาณ 72-73% มาตรฐานเปียก สามารถลดความชื้นของพริกเหลือ 7-8% มาตรฐานเปียก ได้ภายในเวลา 2 วัน เมื่อความเข้มของแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยเท่ากับ 5.732 $kW.hr/m^2$ เครื่องอบแห้งมีประสิทธิภาพเท่ากับ 34.69 % พริกแห้งที่อบได้มีค่าความเข้มสีด้วยเครื่อง Color Quest เท่ากับ L (ความสว่างตั้งแต่ 0-100) = 40.59 a (เมื่อ + คือสีแดงและ – คือสีเขียว) = 12.36 b (เมื่อ + คือ สีเหลืองและ – คือสีน้ำเงิน) = 7.53 ค่า A_w = 0.75 และ 0.31 ตามลำดับ ซึ่งดีกว่ามาตรฐาน มอก. (456 – 2526) และพริกแห้งที่มีขายโดยทั่วไป

อรุณี ผุดผ่อง (2531) ได้ศึกษาเกี่ยวกับอัตราการอบแห้งชั้นบางของข้าวโพดที่อุณหภูมิระหว่าง 45-70 $^{\circ}C$ ความชื้นเริ่มต้น 18-36% มาตรฐานแห้ง ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศอยู่ที่ 12% พบว่าความชื้นเริ่มต้นและอุณหภูมิมีอิทธิพลต่ออัตราการอบแห้ง และความเร็วลมกับพันธุ์ของข้าวโพดมีผลน้อยมาก นั่นคือ อัตราการอบแห้งจะเพิ่มขึ้นตามความชื้นของข้าวโพดและอุณหภูมิของอากาศ

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องทำให้ทราบว่า การอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรส่วนมากจะมีตัวแปรสำคัญ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วลม สารตัวกลางในการพาความร้อนและชนิดของผลิตภัณฑ์ จะมีผลต่ออัตราการอบแห้ง นอกจากนี้พื้นที่ในการอบแห้งก็เป็นอีกส่วนหนึ่งที่สำคัญ และส่วนประกอบของเครื่องอบแห้งจะต้องมีคุณสมบัติในการควบคุมความร้อนได้ดีอีกด้วย

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY