บทที่2

หลักการและทฤษฎี

2.1 พลังงานแสงอาทิตย์

ในบรรดาแหล่งกำเนิดพลังงานทั้งหลาย ดวงอาทิตย์จัดได้ว่าเป็นแหล่งกำเนิดที่สำคัญยิ่ง ซึ่งนอกจากจะก่อให้เกิดเชื้อเพลิงแล้ว ยังมีอิทธิพลทำให้เกิดพลังงานหมุนเวียนและต่อเนื่องอื่นๆอีกมากมาย เช่น พลังงานลม พลังงานน้ำจากธรรมชาติ เป็นต้น

2.1.1 รังสีจากดวงอาทิตย์

ดวงอาทิตย์ คือ ดาวฤกษ์ขนาดใหญ่อยู่ใกล้โลกมากที่สุด ในบรรดาดาวฤกษ์ทั้งมวล หุ้มห่อด้วยก๊าซ และก๊าซที่เป็นองค์ประกอบมากที่สุดคือ ก๊าซไฮโดรเจนซึ่งเป็นสาเหตุแห่งความร้อนมากมายมหาศาล อันหมายถึงเป็นแหล่งพลังงานของระบบสุริยะ

ก๊าซไฮโดรเจนจะเกิดปฏิกิริยาทางนิวเคลียร์ โดยเกิดปฏิกิริยาการรวมตัวของนิวเคลียสของธาตุเบาๆ เรียกปฏิกิริยานี้ว่า ฟิวชั่น (Fusion Reaction) ซึ่งเมื่อเกิดปฏิกิริยานี้แล้ว จะมีพลังงานเกิดขึ้นอย่างมากมายออกมา ซึ่งพลังงานที่ดวงอาทิตย์ปล่อยออกมานั้นคือ พลังงานในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า หรือเรียกว่า รังสีจากดวงอาทิตย์

ความเข้มของรังสีจากดวงอาทิตย์ที่มาถึงโลกมีค่า 1353 W/m^2 เมื่อแสงส่องผ่านเข้ามายังชั้นบรรยากาศในวันที่ท้องฟ้าแจ่มใสจะเกิดการสะท้อนโดยฝุ่นละออง โมเลกุลอากาศแห้งและไอน้ำคิดเป็น 19-29 % จึงเหลือค่าความเข้มของรังสีจากดวงอาทิตย์ 961-1191 W/m^2 ในหนึ่งปีได้รับแสง 4383 ชั่วโมง คิดเป็นพลังงานตกลงบนโลกเท่ากับ 4212-5220 $kW\text{-}hr/m^2/year$ แต่เนื่องจากหลายบริเวณถูกบดบังด้วยเมฆ เงา แสงถูกดูด หรือกระจายออก จึงทำให้ค่าพลังงานตกลงบนโลกเหลือเท่ากับ 2000-2550 $kW\text{-}hr/m^2/year$ สำหรับประเทศไทยรับแสงอาทิตย์ที่มีค่าพลังงาน 1620-1860 $kW\text{-}hr/m^2/year$

2.1.2 พลังงานแสงอาทิตย์กับการประยุกต์ใช้

พลังงานแสงอาทิตย์หลังจากที่เหลือจากการสะท้อน การถูกดูดโดยอนุภาคและการกระจายเนื่องจากบรรยากาศแล้ว สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้โดยทางอ้อมได้แก่ แสงอาทิตย์ทำให้เกิดการระเหยของน้ำ ทำให้เกิดลม คลื่น กระแสน้ำในมหาสมุทร ใช้ผลิตพลังงานในปฏิกิริยาการสังเคราะห์แสงของพืช เป็นต้น โดยทางตรงได้แก่ การทำนาเกลือ การตากแห้งพืชผลทางการเกษตร เป็นต้น

2.1.3 แสงอาทิตย์และวัสดุรับแสง

เมื่อวัสดุได้รับแสงจะเกิดปรากฏการณ์ที่วัสดุตอบสนองต่อแสงอยู่ 4 ประการคือ การดูดกลืนรังสี, การคายรังสี, การสะท้อนรังสี, การยอมให้รังสีผ่าน

วัสดุที่ใช้เกี่ยวกับการรับพลังงานแสงอาทิตย์ เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ตอบสนองต่อแสงมี 2 ชนิดคือ วัสดุดำและวัสดุใส

วัสดุดำ การดูดกลืนรังสีขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของผิววัสดุ วัสดุชนิดผิวสีดำจะดูดกลืนแสงอาทิตย์ได้ดี วัสดุผิวขรุขระจะดูดกลืนแสงอาทิตย์ได้ดีกว่าผิวเรียบเป็นมัน วัสดุผิวด้านดูดกลืนแสงอาทิตย์ได้ประมาณ 95 % เหลืออีก 5 % สะท้อนออกไป เมื่อวัสดุดำดูดกลืนรังสีคลื่นสั้นทำให้วัสดุดำนั้นร้อนขึ้นและคายความร้อนเป็นรังสีคลื่นยาวออกมา ซึ่งเป็นการเปลี่ยนรังสีแสงอาทิตย์ให้เป็นรังสีความร้อน

วัสดุใส วัสดุใสทุกชนิดยอมให้แสงผ่านได้ ในการใช้รับแสงอาทิตย์ควรเลือกที่มีคุณสมบัติให้แสงอาทิตย์ (คลื่นสั้น) ผ่านได้มากที่สุด เพื่อให้วัสดุดำเปลี่ยนรังสีแสงอาทิตย์ให้เป็นรังสีความร้อนได้มากที่สุด และวัสดุใสควรจะเก็บกักความร้อนให้ได้มากที่สุด วัสดุใสที่มีคุณสมบัติดังกล่าวได้แก่ กระจก พลาสติกบางชนิด

2.2 การสำรวจงานวิจัยและพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

มนุษย์รู้จักการใช้ประโยชน์จากแสงอาทิตย์สำหรับการตากแห้งเพื่อเก็บถนอมอาหาร การตากแห้งเสื้อผ้าและเครื่องใช้อื่นๆ มาเป็นเวลาช้านานแล้วโดย

ประเทศโคลัมเบีย (วัฒนพงษ์และคณะ : 2530) ใช้วิธีการตากแห้งเมล็ดกาแฟโดยนำเมล็ดกาแฟใส่กระบะไม้หรือโลหะนำไปตากบนลาน ประสิทธิภาพในการตากแห้งประมาณ 23% การตากแห้งโดยวิธีนี้นิยมใช้กับฟาร์มขนาดเล็กๆ

ปี พ.ศ. 2506 Lawand ได้สร้างกล่องอบแห้งสำหรับผัก ผลไม้ และปลา เพื่อเปรียบเทียบกับการตากกลางแจ้ง ลักษณะของกล่องอบแห้ง ด้านบนปิดด้วยกระจก 2 ชั้น อากาศจะไหลเข้าทางด้านล่างและออกทางด้านบนของทุกด้านที่เจาะรูไว้ ผลการทดลองอบผัก ผลไม้ พบว่าจะใช้ระยะเวลาในการอบแห้งน้อยกว่าการตากกลางแจ้ง นอกจากนี้ยังมีรสชาติและลักษณะโดยทั่วไปดีกว่าการตากกลางแจ้ง

ประเทศอินเดีย พ.ศ. 2514 ได้สร้างเครื่องอบแห้งใช้พลังงานแสงอาทิตย์แบบตู้ ฝาผนังรอบด้านทั้งสี่ปิดทึบ ฝาด้านบนทำด้วยกระจกด้านล่างและด้านข้างเจาะรูเพื่อให้อากาศระบายออก จากการทดลองสามารถทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้สูงกว่าภายนอกตู้ประมาณ $41^{o}C$ จากผลการทดลองสามารถลดเวลาในการตากแห้งน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของการตากแห้งแบบธรรมชาติ

Phillips et al ได้ออกแบบเครื่องอบเมล็ดกาแฟโดยดัดแปลงหลังคาห้องอบให้เป็นตัวรับรังสีดวงอาทิตย์และติดพัดลมดูดอากาศ 2 เครื่อง เพื่อดูดอากาศจากช่องว่างระหว่างหลังคากับเพดานเข้าและ

ออกจากตู้อบ ภายในห้องอบประกอบด้วย ตู้อบ 2 ตู้ ตู้แรกเป็นตู้อบให้แห้ง ตู้หลังเป็นตู้อบให้ความชื้นภายในลดลง โดยอากาศจะผ่านตู้อบแรกไปยังตู้อบหลัง มีการควบคุมอุณหภูมิการอบไม่ให้เกิน 49 ^{o}C ผลการทดลองสามารถลดความชื้นจาก 54% เหลือ 12% เมื่อใช้เวลาอบในตู้แรก 3 ชั่วโมงและอบในตู้หลังประมาณ 24 ชั่วโมง และสามารถลดค่าใช้จ่ายลงได้ประมาณ 66% เมื่อเทียบกับการใช้ไฟฟ้า

ประเทศออสเตรเลีย พ.ศ. 2515 ทำลานตากองุ่นโดยทำเป็นตะแกรงซ้อนกันประมาณ 11 ชั้นวางไว้ในที่โล่งอาศัยความร้อนที่กระแสลมพัดผ่านทำให้องุ่นแห้งภายในเวลา 2-4 วัน การทำเป็นตะแกรงทำให้สามารถลดเนื้อที่ลงได้

เริงจิต โพธิเจริญ (2506) ทำการทดลองอบแห้งกล้วยโดยใช้ลมร้อน โดยแช่กล้วยก่อนอบในน้ำปูนใส หรือน้ำเกลือพบว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 54 ^{o}C และกล้วยที่แช่น้ำปูนใสหรือน้ำเกลือให้ผลไม่แตกต่างกัน เมื่อทำการวิเคราะห์หาส่วนประกอบของกล้วยอบแห้งปรากฏว่าน้ำลดลงไปประมาณ 43% จากกล้วยสุก ส่วนน้ำตาลเพิ่มขึ้น 8.36% ไขมันลดลง 0.10% กากอาหารเพิ่มขึ้น 0.28% วิตามินซีในกล้วยสุกหายไปเมื่อเป็นกล้วยอบแห้ง

Thongprasert et al. (1977) สร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบบังคับสำหรับอบเมล็ดข้าว ผลการทดลองพบว่าสามารถลดความชื้นจาก 23% เหลือ 14 % ภายในเวลา 1 วัน

Exell (1979) สร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบธรรมชาติ โดยใช้ขี้เถ้าแกลบเป็นตัวดูดความร้อนจากแสงอาทิตย์ ผลการทดลองอบข้าวเปลือก หนา 15 cm พบว่าสามารถลดความชื้นจาก 22 % เหลือ 14 % ภายในเวลา 2-3 วัน อุณหภูมิเฉลี่ยภายในเครื่องอบแห้งประมาณ 45 ^{o}C

กลุ่มวิทยาลัยครูภาคตะวันตก (2523) ได้ทดลองอบกล้วยน้ำว้าในเครื่องอบแห้งแบบมีตัวรับรังสีแผ่นราบ ปิดด้วยพลาสติกใสทั้งหมด จากผลการทดลองพบว่าเวลาที่ใช้ในการอบกล้วยประมาณ 4 วัน และกล้วยที่แช่สารละลายเกลือหรือโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.05 % ใช้เวลา 30 นาที ก่อนตาก กล้วยที่ได้จะมีสีผิวดีกว่ากล้วยที่ตากกลางแจ้งแต่รสชาติไม่แตกต่างกันมาก

ปรีดา วิบูลย์สวัสดิ์ และคณะ (2520) สร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มีลักษณะเป็นกล่องสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีพื้นที่รับรังสี 0.23 m^2 ด้านบนปิดด้วยกระจกใสหนา 3 mm เอียงทำมุม 18 องศากับแนวระดับ ผลการทดลองอบผ้าชุบน้ำ พบว่ามีอัตราการอบแห้งประมาณ 4.2 Kg/m^2-day

ฉัตรชัย จันทราวรรณศรี และจุลละพงศ์ จุลละโพธิ์ (2520) ได้สร้างเครื่องอบแห้งแบบกล่อง ซึ่งมีพื้นที่รับแสงเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 3721 cm^2 เพื่อศึกษาอิทธิพลของความลาดเอียงของฝากระจกต่อลักษณะการแผ่กระจายของอุณหภูมิในเครื่องอบแห้ง พบว่าการใช้มุมเอียงของกระจกเป็น 5,10,15,และ 20 ^{o}C ไม่มีผลต่ออุณหภูมิเฉลี่ยภายในเครื่องอบแห้ง

กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ กรมวิทยาศาสตร์ กระทรวงอุตสาหกรรม (2522) ได้ทดลองสร้างเครื่องอบแห้งแบบกล่องรูปสี่เหลี่ยมภายในทาสีดำ ด้านบนปิดด้วยกระจกโปร่งใส เจาะเป็นรูเล็กๆเพื่อระบายอากาศและไอน้ำ ที่ระเหยออกจากวัสดุที่ด้านล่างและด้านข้าง วัสดุอบแห้งในขั้นแรกใช้กล้วย

น้ำว้า โดยบรรจุครั้งละ 200 ผล พบว่าอุณหภูมิในเครื่องอบอยู่ระหว่าง 58-75 ^{o}C กล้วยที่อบจะแห้งภายในเวลา 4-5 วัน และมีคุณค่าทางอาหารดีกว่ากล้วยที่ตากกลางแจ้ง

วารุณี วาดะบุดร์ (2524) สร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบธรรมชาติมีลักษณะเป็นกล่องรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ด้านบนปิดด้วยกระจกใส ทำมุมเอียง 14,18,23,และ30 องศากับแนวระดับ แต่ละตู้สามารถปรับช่องระบายอากาศขึ้นออกเป็น 8,11 และ15% ของพื้นที่รับแสง ผลการทดลองอบผ้าชื้นม้วนทรงกระบอกพบว่ากล่องอบแห้งที่มีมุมเอียง 14 องศากับแนวระดับ และมีช่องระบายอากาศขึ้น 11% ให้ประสิทธิภาพสูงสุดมีอัตราการอบแห้งประมาณ 3.2 Kg/m^2-day อุณหภูมิในกล่องอบแห้งสูงสุดประมาณ 57 ^{o}C

สุวัฒน์ ไทยนะ (2524) ออกแบบสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มีแผงรับแสงอาทิตย์ซึ่งมีพื้นที่รับรังสี 1.92 m^2 อยู่ด้านหน้า การไหลของอากาศเป็นแบบธรรมชาติ ภายในเครื่องอบแห้งมีชั้นวางวัสดุอบแห้ง 5 ชั้น จากการทดลองอบผ้าชุบน้ำพบว่ามีอัตราการแห้งประมาณวันละ 5 Kg/day

Soponronnarit and Tainsuwan (1984) สร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบบังคับ โดยดัดแปลงหลังคาเหล็กอาบสังกะสีลูกฟูกเป็นตัวดูดรังสี ไม่มีกระจกใสปิดด้านบน พื้นที่ของตัวรับรังสี 18.9 m^2 จากการทดสอบพบว่า ตัวรับรังสีให้ประสิทธิภาพสูงสุด 29 % ที่อัตราการไหลอากาศ 0.018 Kg/s-m^2 ถ้าตัวรับรังสีทาสีดำจะให้ประสิทธิภาพสูงกว่าตัวรับรังสีที่ไม่ทาสีดำ และจากการทดสอบอบข้าวเปลือก 900 Kg พบว่าสามารถลดความชื้นจาก 22% มาตรฐานแห้งเหลือ 16% ในเวลา 1 วัน

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ได้สร้างและทดสอบสมรรถนะเครื่องอบแห้งแบบมีตัวรับรังสีตวงอาทิตย์ โดยมีทั้งแบบที่ใช้กระจกใสเป็นผนังกั้นตู้และปิดทับบนตัวรับรังสีดวงอาทิตย์ แบบที่ใช้พลาสติกใส (Poly ethylene) เป็นผนังกั้นตู้และปิดทับบนตัวรับรังสีด้วยพลาสติกใสแข็ง (Acrylic) หรือพลาสติกเสริมใยแก้วใส (Fiber glass reinforced plastic) วัสดุที่ใช้ในการอบแห้งคือ ผ้าสำลีชุบน้ำ พบว่าเครื่องอบแห้งที่ใช้กระจกเป็นทั้งผนังกั้นและที่ปิดทับบนตัวรับรังสี จะให้อัตราการอบแห้งดีที่สุด สามารถระเหยน้ำจากผ้าได้ประมาณ 0.87 Kg/m^2 โดยมีขนาดของช่องระบายอากาศขึ้นประมาณ 1 % ของพื้นที่รับแสงในแนวนอนทั้งหมด ซึ่งในการทำวิจัยครั้งนี้ได้นำเครื่องอบแห้งที่มีอัตราการอบแห้งดีที่สุดมาใช้ในการทดลองอบวัสดุทางการเกษตร

ตัวอย่างผลงานการพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เหล่านี้ เป็นเพียงส่วนหนึ่งของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งนอกจากจะใช้พลังงานแสงอาทิตย์แล้วยังมีการนำพลังงานอื่นมาเป็นพลังงานเสริมด้วยเพื่อให้สามารถใช้ได้ในทุกฤดูกาล เช่น ความร้อนจากการใช้แก๊ส ความร้อนจากเตาไฟ เป็นต้น

สำหรับงานวิจัยของคณะผู้ดำเนินงานวิจัยได้ดำเนินการวิจัยและพัฒนาเครื่องอบแห้งโดยใช้ความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์เป็นหลักและมีเตาไฟเป็นพลังงานเสริม มีขนาดเหมาะสำหรับการอบแห้งในระดับอุตสาหกรรมภายในครัวเรือน หรือเป็นเครื่องสาธิตในการอบรมสัมมนาการอบแห้ง

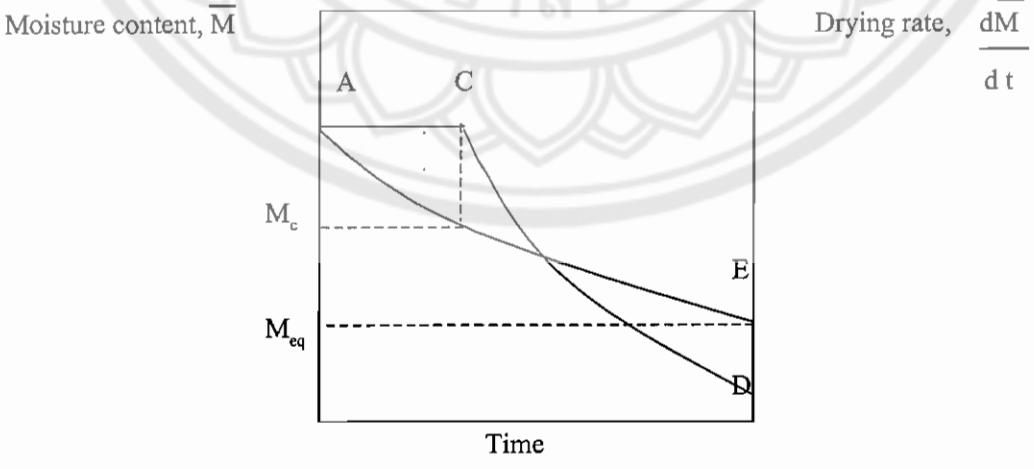
2.3 ทฤษฎีการอบแห้ง

การอบแห้งคือ กระบวนการลดความชื้น ซึ่งส่วนใหญ่ใช้การถ่ายเทความร้อนไปยังวัสดุที่ชื้น เพื่อไล่ความชื้นออกโดยการระเหย ซึ่งความร้อนที่ได้รับนั้นเป็นความร้อนแฝงของการระเหย ผลิตผลทางการเกษตรส่วนใหญ่จะมีความชื้นค่อนข้างสูงขณะเก็บเกี่ยว ทำให้เก็บรักษาไม่ได้นาน การอบแห้งจะช่วยให้สามารถรักษาคุณภาพ ลดความสูญเสีย และยืดเวลาการเก็บรักษาผลิตผลได้ยาวนานขึ้น เทคโนโลยีการอบแห้งเป็นสิ่งที่ไม่สลับซับซ้อน แต่การวางแผนการดำเนินการอบแห้งภายใต้สภาวะอากาศและเงื่อนไขที่กำหนดเป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องศึกษา เพื่อให้ได้วิธีการดำเนินการที่เหมาะสมที่สุด

เมื่อทำการอบแห้งผลิตภัณฑ์ (ผลิตผลจากสิ่งมีชีวิต) ซึ่งมีโครงสร้างภายในมีลักษณะเป็นรูพรุน จะได้อัตราการอบแห้งแบ่งเป็น 2 ช่วงคือ

1. ช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์มีค่าสูงกว่าปริมาณความชื้นวิกฤต ที่ผิวของผลิตภัณฑ์จะมีน้ำเกาะอยู่เป็นจำนวนมาก เมื่อผ่านกระแสอากาศไปบนตัวผลิตภัณฑ์ ความร้อนสัมผัสจากอากาศจะถ่ายเทไปยังผลิตภัณฑ์ และน้ำจะระเหยจากผลิตภัณฑ์ไปยังอากาศ การถ่ายเทความร้อนจะเกิดขึ้นเฉพาะที่ผิวของวัสดุเท่านั้น

2. ช่วงอัตราการอบแห้งลดลง ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์มีค่าต่ำกว่าปริมาณความชื้นวิกฤต น้ำจะเคลื่อนที่จากภายในตัวผลิตภัณฑ์มาที่ผิวในลักษณะของของเหลวหรือไอน้ำ และน้ำที่ผิวจะระเหยไปยังอากาศ ทำให้อัตราการอบแห้งลดลง และถูกควบคุมโดยความต้านทานต่อการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของน้ำในผลิตภัณฑ์ทำให้เกิดเกรเดียนท์ความชื้นและเกรเดียนท์อุณหภูมิภายในผลิตภัณฑ์ อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์มีค่าสูงกว่าอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศ



รูปที่ 2.1 อัตราการอบแห้ง

จากรูปที่ 2.1 จุด C คือจุดความชื้นวิกฤต (Critical Moisture Content) เป็นจุดที่เริ่มการเปลี่ยนแปลงช่วงอัตราการอบแห้งคงที่เป็นช่วงอัตราการอบแห้งลดลง ซึ่งจุดความชื้นวิกฤตนี้จะขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุและสภาวะในการอบแห้ง จุด E คือจุดปริมาณความชื้นสมดุลของวัสดุ ความชื้นของวัสดุมีค่าคงที่เนื่องจาก ความดันไอน้ำจากวัสดุมีค่าเท่ากับความดันไอน้ำในบรรยากาศ ที่อยู่รอบวัสดุนั้น โดยที่ค่าความชื้นนี้จะขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุ อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์

2.3.1 ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการอบแห้ง

1. อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ การอบแห้งซึ่งมีโครงสร้างภายในเป็นรูพรุน ส่วนใหญ่จะมีเฉพาะการอบแห้งแบบลดลง ดังนั้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิของอากาศอบแห้ง จะทำให้ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างผิวและเนื้อวัสดุมีมากขึ้น เป็นผลให้สัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นมีค่าเพิ่มขึ้น และลดความชื้นของอากาศอบแห้ง จะทำให้ความแตกต่างระหว่างอัตราส่วนความชื้นมีค่าเพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้สัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นหากมีการเพิ่มอุณหภูมิและลดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศอบแห้งแล้ว จะมีผลทำให้อัตราการอบแห้งเพิ่มขึ้น

2. ความเร็วลม อิทธิพลของความเร็วลมต่อการอบแห้งสำหรับช่วงการอบแห้งคงที่ เมื่อเพิ่มความเร็วลมหรืออัตราการไหลของอากาศ จะมีผลทำให้ความหนาของฟิล์มอากาศนิ่งลดลง มีผลให้ความต้านทานการถ่ายเทความร้อนและมวลลดลง ส่วนในช่วงอัตราการอบแห้งลดลง เมื่อเพิ่มความเร็วลม ทำให้ความหนาของฟิล์มอากาศนิ่งลดลง มีผลให้ความต้านทานการถ่ายเทความร้อนและมวลลดลงเช่นเดียวกัน ดังนั้นการเพิ่มความเร็วลมจึงมีผลต่อการอบแห้ง

3. ความชื้นของวัสดุอบแห้ง การเคลื่อนที่ของน้ำในวัสดุ ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของของเหลวซึ่งเป็นผลมาจากความแตกต่างของความเข้มของความชื้น วัสดุที่มีความชื้นสูงจะมีค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นสูงด้วย

ปริมาณความชื้นของวัสดุอบแห้ง สามารถแสดงได้ 2 แบบ คือ

3.1) ปริมาณความชื้นมาตรฐานเปียก (Wet basis) คืออัตราส่วนน้ำหนักของน้ำในวัสดุต่อน้ำหนักวัสดุชื้น ซึ่งเมื่อคูณด้วย 100 จะมีค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ดังนี้

$$M_w = (w - d) / w \times 100$$

เมื่อ M_w = เปอร์เซ็นต์ความชื้นมาตรฐานเปียก

w = น้ำหนักเริ่มต้นของวัสดุชื้น,kg

d = น้ำหนักของวัสดุแห้ง,kg

การแสดงความชื้นแบบนี้นิยมใช้ในทางการค้า

3.2) ปริมาณความชื้นมาตรฐานแห้ง (Dry basis) คืออัตราส่วนน้ำหนักของน้ำในวัสดุต่อน้ำหนักวัสดุแห้ง ซึ่งเมื่อคูณด้วย 100 จะมีค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ดังนี้

$$M_d = (w - d) / d \times 100$$

เมื่อ M_d = เปอร์เซ็นต์ความชื้นมาตรฐานแห้ง

การแสดงความชื้นแบบนี้ส่วนใหญ่ใช้ทางด้านงานวิจัย เพราะสามารถคำนวณค่าต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในขบวนการอบแห้งได้ง่ายขึ้น เนื่องจากน้ำหนักแห้งของวัสดุคงที่

4. ขนาดของวัสดุอบแห้ง วัสดุอบแห้งที่มีขนาดเล็กจะมีความต้านทานภายในน้อยกว่า จะเป็นผลทำให้อัตราการอบแห้งสูงกว่า

2.3.2 สมดุลพลังงานสำหรับการอบแห้ง (Energy Balance)

ในกระบวนการอบแห้ง ความร้อนแฝงที่ใช้ในการระเหยน้ำจากผลิตภัณฑ์เท่ากับความร้อนสัมผัสของอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงเมื่อไหลผ่านผลิตภัณฑ์นั้น (วัฒนพงษ์,2536) ซึ่งเขียนเป็นสมการได้ว่า

$$m_w h_{fg} = m_a c_p (T_i - T_o)$$

เมื่อ m_w = มวลของน้ำที่ระเหย,kg

h_{fg} = ความร้อนแฝงของการระเหยน้ำในวัสดุ, 2500 kJ/kg

c_p = ความจุความร้อนของอากาศที่ความดันคงที่, 1 kJ/kg^{o}C

T_i = อุณหภูมิของอากาศร้อนไหลเข้าตู้อบ, ^{o}C

T_o = อุณหภูมิของอากาศร้อนไหลออกจากตู้อบ, ^{o}C

m_a = ปริมาณการไหลของอากาศ,kg

จากสมการจะเห็นว่าสามารถหาค่า m_a ได้ เมื่อรู้เวลาที่ใช้ในการอบ ทำให้หาค่าอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ $\dot{m}_a$ (kg/s) ได้

2.3.3 ทฤษฎีการถ่ายเทมวล (Mass transfer theory)

กรณีการนำเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์มาใช้อบวัสดุต่างๆนั้น วัสดุจะได้รับความร้อน 2 ทาง คือ ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงที่ผ่านกระจกใส และจากการพาความร้อนของอากาศที่เกิดขึ้นเนื่องจากรังสีดวงอาทิตย์ซึ่งตกกระทบพื้นผิวสีดำของตัวรับรังสี อากาศร้อนจะไหลผ่านวัสดุและนำเอาความชื้นจากวัสดุลอยตัวออกทางช่องระบายอากาศด้านบน ดังนั้นถ้าทำให้อุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งและอัตราการไหลของอากาศผ่านเครื่องอบแห้งมีค่าสูงขึ้น ย่อมทำให้อัตราการอบแห้งเพิ่มขึ้นด้วย

2.4 การอบแห้งด้วยพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์และเตาไฟ

การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์มีมานานแล้วและในปัจจุบันก็ยังเป็นที่นิยมใช้กันอยู่ กล่าวคือผลิตผลทางการเกษตรส่วนใหญ่ถูกทำให้แห้งโดยวิธีการตากแดด เวลาที่ใช้สำหรับการตากแห้งขึ้นอยู่กับชนิดและความชื้นของผลิตผล ความหนาของชั้นตากแห้ง และสภาวะอากาศ แม้ว่าการตากแดดจะได้ผลดี แต่ในบางครั้งเกษตรกรประสบปัญหาผลิตผลเปียกชื้นและไม่สามารถทำให้แห้งทันเวลา ทำให้ผลิตผลเสียหาย เช่น มีเชื้อรา เป็นต้น ปัญหาผลิตผลเปียกชื้นมักเกิดในช่วงฤดูฝน ปัญหาดังกล่าวสามารถแก้ไขได้โดยการใช้เครื่องอบแห้ง พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่ได้เปล่า สะอาด ปราศจากมลภาวะ แต่การที่จะเก็บเกี่ยวเอาพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้นั้น ก็ต้องมีการลงทุนโดยการสร้างเครื่องอบแห้งซึ่งเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยทั่วไปจะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนคือ ส่วนที่เป็นเครื่องอบแห้งซึ่งใช้ใส่ผลิตผลที่ต้องการอบแห้ง และ ส่วนที่เป็นตัวรับรังสีดวงอาทิตย์ ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นความร้อนเพื่อนำมาใช้ทำให้อากาศร้อนก่อนที่จะไหลเข้าตู้อบแห้ง

2.4.1 ทฤษฎีของตัวรับรังสีดวงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ

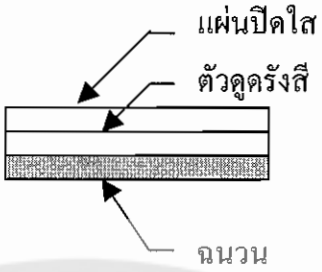
ตัวรับรังสีแบบแผ่นเรียบเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการรับรังสีดวงอาทิตย์เพื่อเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนแล้วถ่ายเทให้กับอากาศที่ไหลเข้าตัวตู้ ตัวรับรังสีแบบแผ่นเรียบมีความเหมาะสมกับงานที่ไม่ต้องการอุณหภูมิสูงคือ ประมาณ 50-60 ^{o}C ในขณะที่อากาศแวดล้อมมีอุณหภูมิระหว่าง 10-30 ^{o}C แม้ว่าตัวรับรังสีแบบแผ่นเรียบจะมีข้อจำกัดไม่เหมาะสมในการใช้งานที่อุณหภูมิสูง แต่มีข้อดีหลายอย่างเมื่อเทียบกับตัวรับรังสีแบบอื่นๆเช่น เป็นอุปกรณ์ง่ายๆสามารถรับได้ทั้งรังสีตรงและรังสีกระจายไม่ต้องมีกลไกในการบังคับให้ตัวรับรังสีหันหน้าเข้าหาดวงอาทิตย์ มีความจำเป็นในการบำรุงรักษาน้อย เป็นต้น ตัวรับรังสีแบบแผ่นเรียบโดยทั่วไปจะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วนคือ

1) แผ่นดูดรังสีซึ่งทำหน้าที่ดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์และเปลี่ยนความร้อน แล้วถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศที่ไหลผ่าน

2) แผ่นปิดใสซึ่งอยู่บนสุดทำหน้าที่ลดการสูญเสียความร้อนโดยการไม่ยอมให้รังสีความร้อนส่งผ่านแผ่นปิดใส

3) ฉนวนความร้อนอยู่ส่วนล่างสุดของตัวรับรังสีทำหน้าที่ป้องกันการสูญเสียความร้อนทางด้านล่างของตัวรับรังสี

ตัวรับรังสีแบบแผ่นเรียบอาจมีแผ่นปิดหลายชั้นซึ่งอาจทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงขึ้นหรืออาจไม่มีแผ่นปิดใส ซึ่งทำให้ตัวรับรังสีมีต้นทุนต่ำและสร้างได้ง่าย แต่ประสิทธิภาพเชิงความร้อนจะต่ำ



รูปที่ 2.2 รูปตัดขวางของตัวรับรังสีแบบแผ่นเรียบ

ตัวรับรังสีแบบแผ่นเรียบมักจะติดตั้งในลักษณะที่เอียงทำมุมกับพื้นราบเท่ากับมุมของเส้นรุ้งเบี่ยงเบนได้+15^{0}และหันหน้าไปทางทิศใต้ เบี่ยงเบนได้ $\pm$ 30 องศา สำหรับพื้นที่ในเขตศูนย์สูตร ลักษณะการติดตั้งดังกล่าวจะทำให้รังสีดวงอาทิตย์ที่ได้รับโดยเฉลี่ยทั้งปีสูงสุด

ประสิทธิภาพของตัวรับรังสี แบบแผ่นเรียบ (วัฒนพงษ์,2536) หาได้จาก

$$\eta_c = \frac{\dot{m}_a C_p (T_{oc} - T_{ic}) x100}{G_T A_c}$$

เมื่อ η_c = ประสิทธิภาพของตัวรับรังสี,%

A_c = พื้นที่แผงรับรังสี,m^2

G_T = ค่ารังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนตัวรับรังสี,kW/ m^2

T_{ic} = อุณหภูมิอากาศไหลเข้าตัวรับรังสี, ^oC

T_{oc} = อุณหภูมิอากาศไหลออกจากตัวรับรังสี, ^oC

2.4.2 เครื่องอบแห้ง

ไม่ว่าจะเป็นการอบแห้งสิ่งใดๆก็ตาม จะต้องอาศัยหลักการการไหลเวียนของอากาศเพื่อนำความร้อนที่ได้จากแหล่งพลังงานความร้อนไปช่วยในการระเหยน้ำในสิ่งที่เราต้องการอบ ซึ่งการไหลของอากาศสามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ การไหลของอากาศแบบเป็นธรรมชาติ ซึ่งเกิดจากความแตกต่างของระดับที่จุดเข้าและจุดออกของเครื่องอบแห้งและความแตกต่างของความหนาแน่นของอากาศภายนอกและภายในเครื่องอบแห้ง ซึ่งแบบนี้เหมาะกับงานขนาดเล็กในไร่นาหรืออุตสาหกรรมขนาดเล็ก การไหลของอากาศอีกแบบหนึ่งคือ การไหลของอากาศแบบบังคับ ซึ่งโดยทั่วไปใช้พัดลมเป็นตัว

สร้างความดันให้เท่ากับความแตกต่างของความดันรวมระหว่างที่ทางเข้าและที่ทางออกของเครื่องอบ ซึ่งแบบนี้เหมาะกับงานทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ ต้องลงทุนมากขึ้น สร้างยากขึ้น

เมื่อมองตามลักษณะการรับพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ของผลิตผลที่นำมาอบแห้ง ประกอบกับลักษณะการออกแบบเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ Bansal และ Garg ได้รวบรวมเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดต่างๆที่มีการสร้างขึ้นมาและเสนอว่าควรแบ่งเป็นประเภทดังนี้

1). แบบรับพลังงานแสงอาทิตย์โดยตรง (Direct Mode Solar Dryer) เครื่องอบแห้งประเภทนี้จะใช้วัสดุใสทำเป็นหลังคา รังสีดวงอาทิตย์จะทะลุผ่านหลังคาไปยังวัสดุโดยตรง การระเหยน้ำออกจากตัววัสดุเกิดขึ้นเพราะความร้อน

2). แบบรับพลังงานแสงอาทิตย์ทางอ้อม (Indirect Mode Solar Dryer) เครื่องอบแห้งประเภทนี้ประกอบด้วย ตัวทำอากาศร้อนด้วยรังสีดวงอาทิตย์ (Solar Air Heater) พัดลม (Fan) หรือโบลว์เออร์ (Blower) และห้องอบแห้ง (Drying Chamber) รังสีดวงอาทิตย์จะเปลี่ยนไปเป็นพลังงานความร้อนโดยตัวทำอากาศร้อนแล้วจึงส่งไปยังวัสดุโดยมีอากาศเป็นตัวกลาง

3). แบบรับพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสม (Mixed Mode Solar Dryer) เครื่องอบแห้งประเภทนี้เกิดจากการพัฒนาเอา 2 แบบมารวมกัน วัสดุจะได้รับความร้อนสองส่วนคือ ได้รับความร้อนจากการถูกแสงอาทิตย์โดยตรง และได้รับอากาศร้อนที่มาจากตัวทำอากาศร้อน

สำหรับเครื่องอบแห้งที่ใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์และมีพลังงานเสริมนั้น จะมีส่วนประกอบหลักอยู่ 3 ส่วนคือ ส่วนที่เป็นตัวรับรังสีดวงอาทิตย์เพื่อทำอากาศร้อน ส่วนที่เป็นพลังงานเสริม และส่วนที่เป็นตัวเครื่องอบแห้งสำหรับใส่ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการอบแห้ง

2.4.3 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้ง

ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งโดยทั่วๆไป สามารถหาได้ เมื่อทราบปริมาณน้ำที่ระเหยจากวัสดุอบแห้งทั้งหมดและทราบค่าความร้อน (Enthalpy) ของอากาศอบแห้งซึ่งมีค่าลดลงนั่นคือ

$$\text{ประสิทธิภาพเชิงความร้อน} = \frac{\text{น้ำหนักน้ำที่ระเหย x ความร้อนแฝง}}{\text{ปริมาณความร้อนจากอากาศอบแห้ง}}$$

ในกรณีเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ ซึ่งอากาศได้รับพลังงานความร้อนจากตัวรับแสงอาทิตย์ ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้ง (วัฒนพงษ์,2536) สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\eta = \frac{m_w h_{fg} \times 100}{G_T A_c}$$

เมื่อ η = ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้ง,%

G_T = ค่ารังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนตัวรับรังสี,kJ/ m^2

2.4.4 สมรรถนะของเตาไฟ

ในกรณีที่ไม่สามารถใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ได้ ก็สามารถใช้พลังงานเสริมจากการใช้เตาไฟทดแทน หรือจะใช้ทั้งพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์และเตาไฟควบคู่กันไป สำหรับสมรรถนะของเตาไฟบอกได้ด้วยประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาเผาเชื้อเพลิงตามกฎข้อที่หนึ่งของเทอร์โมไดนามิกส์ ตามคำจัดความดังนี้

$$\text{ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาไฟ} = \frac{\text{ความร้อนที่อากาศได้รับจริง}}{\text{ความร้อนที่ได้จากเชื้อเพลิง}}$$

ซึ่งเขียนเป็นสมการได้ดังนี้ (วัฒนพงษ์,2536)

$$\eta_T = \frac{m_{fg} c_p (T_{out} - T_a) \times 100}{m_f q_f}$$

เมื่อ η_T = ประสิทธิภาพของเตาไฟ,%

m_{fg} = อัตราการไหลของก๊าซทิ้งที่ทางออก,kg/h

m_f = อัตราการไหลของเชื้อเพลิง,kg/h

T_{out} = อุณหภูมิของปล่องทางออกที่ใช้ในการเผาไหม้,^{o}C

T_a = อุณหภูมิของอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้,^{o}C

q_f = พลังงานเคมีในเชื้อเพลิงแทนด้วยค่าความร้อนสูงของเชื้อเพลิง,kJ/kg

<u>ข้อมูลทางด้านเชื้อเพลิง</u>

เตาถ่าน เป็นเตาที่คนไทยนิยมใช้กันมากในปัจจุบัน เพราะราคาถูกมาก หาซื้อง่ายแต่การทดสอบพบว่า เตาชนิดนี้สามารถดึงพลังงานจากถ่านมาใช้ได้ประมาณ 30 % ของพลังงานทั้งหมดที่มีอยู่ในถ่านซึ่งถ้าคำนวณถึงวิธีการเผาถ่านที่ใช้กันโดยทั่วไปแล้ว พลังงานในไม้จะสูญเสียไปในขณะที่เผาถ่าน 75 % ฉะนั้นการหุงต้มด้วยเตาถ่านจะได้พลังงานเพียง 8-12% ของพลังงานในไม้ฟืน (น้อย พลายภู่ ,2524)

ตารางที่ 2.1 แสดงคุณสมบัติต่างๆของเชื้อเพลิง(กัญจนา บุณยเกียรติและเพียรพรรค ทัศดร,2521)

คุณสมบัติ	เชื้อเพลิง			
	ขี้เลื่อย	ชานอ้อย	แกลบ	ถ่านไม้
ความชื้น(%)	7.45	10.59	9.36	9.88
ปริมาณเถ้า(%)	6.19	6.93	19.24	11.41
ค่าความร้อน(cal/g)	4633	4220	3218	8383

2.5 เทคนิคการอบแห้งพืช ผัก ผลไม้ แบบต่างๆ

วิธีการอบแห้งพืช ผัก ผลไม้ ที่นิยมใช้กันมากคือ การใช้ลมร้อนโดยที่ตัวเครื่องอบอาจมีลักษณะเป็นแบบตู้ หรืออุโมงค์ หรือใช้สายพานอบแห้ง จนความชื้นของผลิตภัณฑ์ลดลงถึงระดับหนึ่ง นอกจากการอบแห้งด้วยลมร้อนแล้วยังอาจใช้วิธีการอบแห้งแบบอื่นๆเช่น การอบแห้งแบบแช่เย็น การอบแห้งแบบไมโครเวฟ และการลดความชื้นโดยออสโมซีส

2.5.1 การอบแห้งประเภทถาดอยู่ที่ (Fixed-Tray Dryer)

เครื่องอบแห้งประเภทนี้เหมาะสำหรับอาหารที่อยู่ในรูปของของแข็งที่ไม่สามารถอบแห้งแบบกองรวมกันเป็นปริมาณมาก (Bulk Drying) เครื่องอบแห้งประเภทนี้แบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ เครื่องอบแห้งแบบตู้ (Cabinet Dryer) และเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ (Tunnel Dryer) อาหารที่ต้องการอบแห้งเรียงอยู่บนถาดซึ่งวางซ้อนกันโดยมีช่องว่างของอากาศระหว่างถาด

2.5.1.1 การอบแห้งแบบตู้

เป็นการอบแห้งผลิตภัณฑ์ด้วยลมร้อนภายในตู้ซึ่งมีถาดบรรจุผลิตภัณฑ์ซ้อนกันอยู่ โดยลมร้อนจะไหลผ่านอาหารและทำให้อาหารแห้ง การไหลของอากาศร้อนขนานกับถาดบรรจุอาหาร วิธีการอบแห้งแบบนี้เป็นแบบพื้นฐานนิยมใช้ทั่วไปสำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก อุณหภูมิลมร้อนที่ใช้กันทั่วไปสำหรับการอบแห้งผลไม้ประมาณ 60-70 $^{\circ}$C ถ้าอุณหภูมิสูงกว่านี้จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีเข้มซึ่งไม่สวย ผิวอาจเหี่ยวย่นมาก เวลาที่ใช้อบแห้งอาจจะหลายสิบชั่วโมง Forrest (1968) กล่าวว่าความเร็วลมที่ใช้ในเครื่องอบแห้งแบบตู้อาจมีค่าระหว่าง 2.5-5 m/s

ปัญหาการอบแห้งแบบนี้อยู่ที่การกระจายของลมร้อนซึ่งมักจะไม่ทั่วถึง ทำให้อาหารที่จุดต่างๆแห้งไม่เท่ากัน อาจแก้ปัญหานี้ได้โดยการบังคับทิศทางลม ปัญหาอีกข้อหนึ่งก็คือ อาหารที่ตรงทางเข้าลมร้อนจะแห้งมากกว่าอาหารที่อยู่ตรงทางออก ซึ่งอาจแก้ได้โดยการกลับทิศทางการไหลของลมร้อน

การคำนวณเวลาการอบแห้งของการอบแห้งแบบนี้ อาจแยกได้เป็น 2 กรณี

1). ถ้าปริมาณลมมีมากเมื่อเทียบกับปริมาณอาหารที่อบแห้ง สภาวะของอากาศก่อนเข้าห้องอบแห้งและหลังออกจากเครื่องอบแห้งไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ในการคำนวณอาจสมมุติได้ว่าอุณหภูมิของอากาศมีค่าคงที่ กรณีนี้อัตราการอบแห้งของอาหารทั้งหมดในห้องอบแห้งก็เหมือนกับอาหารหนึ่งชั้น การอบแห้งแบบตู้ส่วนใหญ่อัตราการไหลค่อนข้างสูงอยู่แล้ว ตั้งนั้นการสมมุติก็เพียงพอที่สามารถยอมรับได้

2). ถ้าปริมาณลมมีน้อยเมื่อเทียบกับปริมาณอาหารที่อบแห้ง สภาวะอากาศก่อนเข้าห้องอบแห้งและหลังออกจากเครื่องอบแห้งจะแตกต่างกันมาก กรณีนี้การคำนวณจะยุ่งยากมากขึ้น โดยเฉพาะในช่วงอัตราการอบแห้งลดลง

2.5.1.2 การอบแห้งแบบอุโมงค์

เป็นวิธีการอบแห้งที่คล้ายกับการอบแห้งแบบตู้ แต่ตัวตู้มีความยาวมาก ทำให้ดูเหมือนอุโมงค์ ดังนั้นจึงเรียกกันว่าอุโมงค์อบแห้ง ภายในอุโมงค์จะมีรถเข็นหลายคันบรรจุถาดซึ่งมีอาหารวางอยู่ ทุกๆช่วงเวลาหนึ่งจะมีการนำเอารถเข็นที่อาหารแห้งดีแล้วออกจากอุโมงค์ และพร้อมกันได้มีการนำรถเข็นซึ่งบรรจุอาหารเปียกเข้าไปในอุโมงค์ ทิศทางการเคลื่อนที่ของลมร้อนและรถเข็นอาจจะเป็นแบบไหลตามกันหรือไหลสวนทางกัน

ในการอบแบบไหลสวนทาง รถเข็นและลมร้อนมีทิศทางตรงกันข้าม ดังนั้นอาหารบนรถเข็นใกล้ทางออกจะสัมผัสกับอากาศที่ร้อนที่สุด ส่วนอาหารบนรถเข็นตรงทางเข้าจะสัมผัสกับอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำแล้ว ทำให้การใช้ความร้อนสัมผัสในอากาศเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากอาหารที่แห้งแล้วจะสัมผัสกับอากาศที่มีอุณหภูมิสูง ดังนั้นอาจทำให้คุณภาพของอาหารลดลงได้

ในการอบแห้งแบบไหลตาม รถเข็นและลมร้อนมีทิศทางตามกัน อาหารที่แห้งแล้วจะสัมผัสกับอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำ และอาหารที่ยังเปียกอยู่จะสัมผัสกับอากาศที่มีอุณหภูมิสูง ดังนั้นจึงมักไม่ค่อยมีปัญหาด้านคุณภาพของอาหารหลังอบแห้งแต่การสิ้นเปลืองความร้อนอาจสูงกว่าของเครื่องอบแห้งแบบไหลสวนทาง

ปัญหาสำคัญของการอบแห้งแบบอุโมงค์คือการกระจายของลมร้อนในอุโมงค์มักไม่ทั่วถึง ทำให้อาหารที่บางจุดแห้งเกินไปหรือชื้นเกินไป ดังนั้นอาจมีตัวช่วยบังคับทิศทางลม เพื่อให้การกระจายลมร้อนเป็นไปอย่างทั่วถึงตลอดพื้นที่หน้าตัดขวางของอุโมงค์ การออกแบบตัวช่วยบังคับทิศทางลมที่เหมาะสมจะช่วยในเรื่องของการกระจายของลมได้ดีกว่า

2.5.2 การอบแห้งประเภทชั้นอบแห้งเคลื่อนที่ (Moving-Bed Dryer)

ชนิดของการอบแห้งประเภทนี้ได้แก่ การอบแห้งโดยใช้สายพาน ชั้นของอาหารที่ต้องการอบแห้งอยู่บนสายพานซึ่งเคลื่อนที่และมีรูให้อากาศผ่านได้ อากาศที่ใช้อบแห้งมีทิศทางไปด้านบนหรือด้าน

ล่างทั้งนี้ขึ้นกับวัสดุอบแห้ง ในบางครั้งอาจมีการกลับทิศทางลมร้อนเป็นช่วงเวลา เพื่อให้การอบแห้งเป็นไปอย่างทั่วถึง สภาวะของอากาศอาจเปลี่ยนแปลงไปตามระยะทางของสายพาน เช่น ที่ตอนต้นของสายพานวัสดุอบแห้งยังมีความชื้นสูงอยู่ก็ใช้ลมร้อนซึ่งมีอุณหภูมิสูง ส่วนตอนปลายของสายพานก็ใช้ลมร้อนซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่า เพราะวัสดุอบแห้งมีความชื้นลดลงใกล้ถึงจุดที่ต้องการแล้ว

การอบแห้งแบบสายพานมีข้อเสียที่ว่าไม่สามารถอบแห้งวัสดุให้มีความชื้นต่ำกว่า 10 % มาตรฐานเปียก ได้โดยประหยัดเมื่อวัสดุมีความชื้นเหลือประมาณ 27 % มาตรฐานเปียกหรือต่ำกว่า ก็จะถูกถ่ายไปยังเครื่องอบแห้งตัวที่ 2 เช่น เครื่องอบแห้งแบบถังหรือถังเก็บเพื่อลดความชื้นต่อไป

การอบแห้งแบบนี้สามารถใช้กับวัสดุในรูปของเหลว ซึ่งได้มีการทำให้คงตัวในรูปของโฟมโดยอัดอากาศหรือก๊าซอื่น และใส่สารเพิ่มเติมบางอย่าง โดยป้อนเข้าสายพานซึ่งมีรูแล้วผ่านลมร้อนไปตามรูผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการอบแห้งโดยใช้วิธีนี้จะมีโครงสร้างที่โปร่งพรุน สามารถนำกลับไปผสมกับน้ำเพื่อให้กลับคืนรูปได้อย่างรวดเร็ว ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับพวกน้ำผลไม้แห้ง เป็นต้น

2.5.3 การอบแห้งประเภทวัสดุแขวนลอยในอากาศ

ในการอบแห้งประเภทนี้ วัสดุแขวนลอยอยู่ในอากาศตลอดเวลาของการอบแห้ง เช่น เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย เครื่องอบแห้งแบบพาหะลม เครื่องอบแห้งฟลูอิไดซ์เบด (Fluidized Bed Dryer) และเครื่องอบแห้งแบบโรตารี (Rotary Dryer)

2.5.3.1 การอบแห้งแบบพ่นฝอย

การอบแห้งแบบพ่นฝอยเหมาะสำหรับอาหารซึ่งอยู่ในรูปของของเหลว เมื่ออบแห้งแล้วผลิตภัณฑ์จะอยู่ในรูปของของแข็งเม็ดเล็กๆ เช่น นมผง ไข่ผง กาแฟ เป็นต้น เนื่องจากช่วงเวลาในการอบแห้งในเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยสั้นมาก อาจประมาณ 3-10 วินาที ดังนั้นจึงเหมาะกับอาหารซึ่งคุณภาพสามารถเปลี่ยนแปลงได้ง่าย เมื่อใช้อุณหภูมิอบแห้งสูง เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยสามารถแบ่งได้ 2 แบบ คือ แบบไหลสวนทางและแบบไหลตาม

ข้อดีของเครื่องอบแห้งแบบไหลสวนทางคือการใช้ความร้อนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ แต่ข้อเสียคือคุณภาพของอาหารหลังอบแห้งอาจไม่ดีนัก เนื่องจากอาหารส่วนที่แห้งแล้วจะสัมผัสกับอากาศซึ่งร้อนจัด สำหรับเครื่องอบแห้งแบบไหลตามมีข้อดีตรงที่ว่าคุณภาพของอาหารหลังอบแห้งสูง แต่การใช้ประโยชน์ของลมร้อนอาจไม่ค่อยมีประโยชน์มากนักในเครื่องอบแห้งแบบไหลตาม ความเร็วลมจะมีค่าระหว่าง 2.1-3 m/s

2.5.3.2 การอบแห้งแบบพาหะลม

ถ้าวัสดุที่ต้องการอบแห้งมีลักษณะเป็นเม็ดเล็กๆหรือเป็นผง เครื่องอบแห้งแบบพาหะลมอาจจะเหมาะสม การอบแห้งแบบพาหะลม อากาศแวดล้อมถูกพัดลมดูดผ่านเครื่องกรองอากาศ แล้วถูกเป่าเข้าตัวอุ่นอากาศ ในขณะที่วัสดุถูกป้อนเข้าท่อลมกระแสอากาศร้อนจะพาวัสดุไหลไปตามท่อ

พร้อมๆกันนั้นจะเกิดการถ่ายเทความร้อนและความชื้นระหว่างอากาศและวัสดุ เมื่อวัสดุแห้งดีแล้วก็จะถูกแยกออกจากอากาศ เนื่องจากสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนมีค่าสูงมาก ทำให้ระยะเวลาในการอบแห้งสั้น ซึ่งอาจใช้เวลาเพียงไม่กี่วินาที คุณภาพของวัสดุหลังอบแห้งจึงดีด้วย

2.5.3.3 การอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบด

การอบแห้งแบบนี้ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนมีค่าสูงเหมือนในเครื่องอบแห้งแบบพาหะลม วัสดุอบแห้งอยู่ในลักษณะของแข็งเป็นชิ้นเล็กๆ ลมร้อนถูกเป่าด้วยความเร็วสูงพอที่จะเอาชนะแรงโน้มถ่วงของวัสดุ และทำให้วัสดุลอยตัวอยู่ในอากาศได้ ทำให้มีคุณลักษณะเหมือนของไหล ความเร็วลมที่นิยมใช้อยู่ในช่วง 100-200 m/min ซึ่งจะขึ้นอยู่กับความหนาแน่น ขนาด และรูปทรงของวัสดุ

2.5.3.4 การอบแห้งแบบโรตารี

การอบแห้งแบบโรตารีใช้กับวัสดุเป็นชิ้น หรือพวกเมล็ดพืชที่มีความชื้นสูง ตัวเครื่องอบทำด้วยถังทรงกระบอกหมุนวางเอียงกับแนวราบเล็กน้อย วัสดุไหลเข้าทางปลายด้านสูงและไหลออกที่ปลายด้านต่ำของถัง ภายในตัวถังจะมีแผ่นครีบทำหน้าที่ตักวัสดุจากด้านล่างของถังขึ้นสู่ด้านบน แล้วไหลตกลงมาโดยแรงโน้มถ่วง พร้อมๆกับเคลื่อนที่ไปข้างหน้าด้วย ในขณะเดียวกันลมร้อนจะไหลเข้าภายในถังเพื่อทำหน้าที่ลดความชื้นจากตัววัสดุ เนื่องจากวัสดุแขวนลอยอยู่ในอากาศ ขณะที่ไหลตกลงมาทำให้การถ่ายเทความร้อนและความชื้นเป็นไปอย่างรวดเร็ว

2.5.4 การอบแห้งแบบแช่แข็ง (Freeze Drying)

เป็นการอบแห้งผลิตภัณฑ์ที่แช่แข็งมาแล้ว ภายในสภาวะสุญญากาศทำให้น้ำแข็งระเหิดกลายเป็นไอ ซึ่งเป็นผลทำให้อาหารหลังอบแห้งมีโครงสร้างที่ดี คือมีโครงสร้างเปิดเป็นรูพรุน ซึ่งเป็นผลทำให้สามารถทำให้กลับคืนรูปเดิมได้ดีและรวดเร็ว มีกลิ่นดี เนื่องจากผลิตภัณฑ์หลังการอบแห้งมีความชื้นต่ำ ดังนั้นจึงต้องบรรจุหีบห่อภายในห้องที่มีความชื้นต่ำ เพื่อป้องกันการดูดความชื้นกลับ และอาจต้องใส่สารดูดความชื้นภายในถุงบรรจุผลิตภัณฑ์อบแห้งด้วย ถึงแม้ว่าการอบแห้งแบบแช่แข็งจะได้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ดีเลิศ แต่การลงทุนและค่าใช้จ่ายในการดำเนินการก็ค่อนข้างสูงมากด้วย ดังนั้นการอบแห้งแบบนี้จึงไม่เป็นที่นิยมใช้กัน แต่ก็ใช้ในงานที่ต้องการผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูงจริงๆ

2.5.5 การอบแห้งแบบไมโครเวฟ

เป็นการอบแห้งโดยใช้ช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เหมาะสม ซึ่งสามารถทะลุทะลวงเข้าไปในตัวของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการทำให้แห้ง โดยคลื่นไมโครเวฟจะถูกดูดกลืนโดยน้ำที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ ดังนั้นการระเหยของน้ำจึงเป็นไปอย่างรวดเร็วมาก การอบแห้งแบบนี้ยังไม่เป็นนิยมอย่างแพร่หลายเพราะต้องลงทุนและเสียค่าใช้จ่ายสูง

2.5.6 การลดความชื้นโดยออสโมซีส

เป็นกระบวนการลดความชื้นโดยกระบวนการออสโมซีส ซึ่งทำได้โดยนำผลิตภัณฑ์ใส่ลงในน้ำเชื่อม เนื่องจากความเข้มข้นของน้ำตาลในผลิตภัณฑ์และน้ำเชื่อมแตกต่างกัน ดังนั้นจึงเกิดการแพร่ของน้ำจากผลิตภัณฑ์สู่น้ำเชื่อมซึ่งเข้มข้นกว่า เราอาจลดความชื้นได้ครึ่งหนึ่งของความชื้นเริ่มต้น จากนั้นจึงนำไปอบแห้งตามปกติต่อไป

2.5.7 การอบแห้งแบบอื่นๆ

นอกจากการอบแห้งโดยวิธีต่างๆตามที่ได้กล่าวแล้ว ยังมีเทคนิคการอบแห้งแบบอื่นๆ เช่น การอบแห้งภายใต้สุญญากาศ (Vacuum Drying) การอบแห้งแบบพัฟ (Puff Drying) เป็นต้น เทคนิคการอบแห้งแบบต่างๆตามที่กล่าวมานี้ใช้เงินลงทุนค่อนข้างสูง และมักให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์หลังอบแห้งที่มีคุณภาพสูงเช่นกัน

2.6 วัตถุดิบ

ในปัจจุบันนี้พริกเป็นพืชชนิดหนึ่งที่นิยมปลูกกันทั่วไป ทั้งเป็นพืชผักสวนครัว และมีการปลูกกันเป็นอาชีพในทุกภาคของประเทศ ซึ่งสามารถทำรายได้ให้กับผู้ปลูกได้มากพอสมควร จากสถิติการปลูกพริกของไทยในปีเพาะปลูกเมื่อหลายปีก่อน ของกรมส่งเสริมการเกษตร รายงานว่าพริกเล็ก (พริกขี้หนู) มีการปลูกกันมาก และโดยเฉพาะพริกใหญ่ (พริกชี้ฟ้า) มีการปลูกเพื่อใช้ทำเป็นพริกแห้งอีกจำนวนไม่น้อยเช่นกัน

2.6.1 คุณค่าทางอาหาร

คุณค่าทางอาหารของพริกมีค่อนข้างสูง พริกเป็นแหล่งที่ให้วิตามินซี วิตามินเอ และวิตามินอื่นๆ นอกจากนี้ยังใช้เป็นยาและไม้ประดับอีกด้วย

ตารางที่ 2.2 แสดงคุณค่าทางอาหารของพริกเผ็ด (พริกขี้หนู) และพริกหวาน (พริกชี้ฟ้า) ต่อส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม (จากหนังสือคู่มือเกษตรกร :2524 และ Grubben. 1997)

ส่วนประกอบ	พริกเผ็ด	พริกหวาน	
พลังงาน	116.0	26.0	กิโลแคลอรี่
ไขมัน	2.4	-	กรัม
คาร์โบไฮเดรท	19.9	-	กรัม
เยื่อใย	15.0	1.4	กรัม
โปรตีน	6.3	1.3	กรัม
แคลเซี่ยม	86.0	12.0	กรัม
ฟอสฟอรัส	85.0	-	มิลลิกรัม
เหล็ก	3.6	0.9	มิลลิกรัม
วิตามินเอ	11050.0	-	หน่วยสากล
วิตามินบี1	0.24	-	มิลลิกรัม
วิตามินบี2	0.29	-	มิลลิกรัม
ไนอาซีน	2.5	0.8	มิลลิกรัม
วิตามินซี	96.0	103.0	มิลลิกรัม
แคโรทีน	6.6	1.8	มิลลิกรัม
คุณค่าทางอาหารโดยเฉลี่ย(ANV)	27.92	6.61	
ANVต่อน้ำหนักแห้ง100กรัม	8.07	82.6	
น้ำหนักแห้ง	34.6	8.0	กรัม

2.6.2 การเก็บเกี่ยว

หลังจากที่พริกให้ผลผลิตแล้ว ในการเก็บเกี่ยวพริกถ้าเป็นการจำหน่ายผลสดนิยมเก็บเกี่ยวทั้งผลสีเขียวและผลสีแดงปะปนกันไป หรือเก็บเฉพาะผลที่แก่จัดแต่ยังมีสีเขียวหรือผลที่สุก แล้วแต่ผู้ปลูกและผู้รับซื้อ แต่ถ้าเป็นการเก็บเกี่ยวผลเพื่อนำมาตากแห้งหรือทำเมล็ดพันธุ์ก็เก็บเฉพาะผลที่สุกหรือมีสีแดงเท่านั้น โดยเก็บมาทั้งก้านทั้งผลและในการเก็บเกี่ยวผลพริกนั้นสามารถเก็บได้ทุกๆสัปดาห์ หรือแปลงที่มีการปลูกเป็นจำนวนมากก็เก็บเกี่ยวได้ตลอดทุกวัน โดยจะทำการเก็บหมุนเวียนไปได้จนทั่วทั้งไร่

ผลผลิตพริกจะเก็บเกี่ยวอยู่ได้นานมากน้อยแค่ไหน อาจขึ้นอยู่กับวิธีการปลูก เช่น การปลูกพริกโดยหยอดเมล็ดลงหลุมโดยตรง ต้นพริกจะมีความแข็งแรงและเก็บเกี่ยวผลผลิตติดต่อกันเป็นเวลานานกว่าการปลูกพริกโดยถอนต้นกล้าไปปลูก ทั้งนี้เนื่องจากต้นพริกที่ปลูกโดยหยอดเมล็ดมีระบบราก

ที่แข็งแรงกว่านั่นเอง นอกจากนี้การให้ผลผลิตของพริกจะมากหรือน้อยได้นั้น ยังขึ้นอยู่กับชนิดของพันธุ์ที่ปลูกด้วย

ในการแปรรูปของพริกสด พริกสดประมาณ 3-5 kg สามารถทำพริกแห้งได้ 1 kg กรณีการแปรรูปพริกแห้งนี้ เกษตรกรหลายแห่งนิยมแปรรูปเอง และขายให้พ่อค้าในรูปที่แปรแล้ว

ซึ่งจากผลการทดลองการเปรียบเทียบผลผลิตระหว่างพันธุ์ห้วยสีทน 1 กับ พันธุ์พื้นเมืองในแต่ละแหล่งปลูกและแต่ละพันธุ์จะเป็นดังนี้

ตารางที่ 2.3 แสดงการเปรียบเทียบน้ำหนักพริกแห้งกับพันธุ์พื้นเมือง

พริกสดพันธุ์พื้นเมืองน้ำหนัก 1 kg	น้ำหนักพริกแห้งที่ได้(kg)
พริกสดพันธุ์ห้วยสีทน 1	0.35
พริกสดพันธุ์ขาวกาฬสินธุ์	0.25
พริกสดพันธุ์เมืองเลย	0.23
พริกสดพันธุ์ทับสะแก	0.35

2.6.3 การเก็บถนอมรักษาพริก

ผลพริกสดนั้นสามารถเก็บรักษาอย่างถูกวิธีสามารถเก็บไว้ได้นานถึง 40 วัน แต่ถ้าเรานำพริกสดมาเก็บถนอมโดยการตากแห้ง สามารถเก็บไว้ได้นานเป็นปีก็ไม่เสีย ดังนั้นในการทำพริกตากแห้งจึงเป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะทำให้เรามีพริกไว้กินได้ตลอดปีในยามขาดแคลนเพราะพริกบางช่วงมีราคาแพงมาก ทั้งพริกสดและพริกแห้ง การทำพริกแห้งก็ทำได้ไม่ยากนัก เพียงแต่นำผลพริกที่แก่จัดและสุกพอที่จะเก็บเกี่ยวได้แล้วนำไปตากแดดให้แห้ง

2.6.3.1 ขั้นตอนการเก็บถนอมรักษาดังนี้คือ

1). การบ่ม หลังจากเก็บผลพริกมาแล้วควรนำไปบ่มในเข่งหรือภาชนะอื่นๆประมาณ 2 คืน เพราะว่าพริกที่เก็บมาอาจจะมีผลที่ยังไม่สุกแดงปะปนมาบ้าง ถ้าหากนำไปตากเป็นพริกแห้งทันทีสีจะขาวด่างขายไม่ได้ราคา จึงต้องบ่มให้สุกหมดเสียก่อน

2). การย่าง เพื่อให้ผลพริกแห้งเร็วและเก็บรักษาไว้ได้นาน โดยไม่เสียง่ายควรย่างด้วยไฟอ่อนๆ คอยพลิกกลับไปกลับมาจนกระทั่งสุกแล้วจึงค่อยนำไปตากแดด บางคนอาจตากแดดแทนการย่างเลยก็มี เพราะการย่างทำให้รสชาติของพริกแห้งไม่ดี นอกจากนี้เกษตรกรยังนิยมใช้น้ำร้อนลวกก่อนตาก ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งที่ทำให้สีของพริกสวยไม่มีสีขาวด่างเมื่อตากแห้งแล้ว

3). การตากแดดวิธีการทำพริกแห้งนั้นก็แตกต่างกันไปในแต่ละท้องที่ แหล่งใหญ่ที่ปลูกในจังหวัดเชียงใหม่ใช้วิธีการอบแห้งด้วยการใช้ฟืน และจึงนำตากแดดหรือไม่เช่นนั้นก็อบแห้งสนิทด้วยไม้ฟืน ที่จังหวัดน่านนิยมทำพริกแห้งโดยตากบนหลังคาบ้านที่มุงสังกะสี

โดยทั่วไปแล้ว เพื่อให้ผลพริกแห้งสนิท หลังจากย่างหรือลวกน้ำร้อนเสร็จควรนำไปตากแดดทันที จะตากบนลานหรือแผ่นสังกะสีก็ได้ เมื่อถึงตอนเย็นให้เก็บมาสุมรวมกันรุ่งเช้าค่อยตากใหม่ ทำอยู่เช่นนี้ประมาณ 5 วัน หรือเมื่อเห็นว่าผลพริกแห้งสนิทดีแล้วก็นำไปเก็บไว้ขายหรือไว้ใช้เองในครอบครัว

2.6.3.2 การทำให้แห้งนั้น มีวิธีทำได้ 3 ลักษณะ คือ

1). อบในตู้อบไฟฟ้าหรือใช้แก๊ส โดยควบคุมอุณหภูมิที่ 50-70 ^{o}C ใช้เวลาประมาณ 1 วัน (พริกจะแห้งสนิท)

2). อบในตู้อบแสงอาทิตย์ โดยใช้เวลา 2-3 วัน แต่ต้องมีแดดพอสมควร

3). ตากหรือผึ่งแดด แต่ต้องมีแดดพอสมควร ใช้เวลาประมาณ 3-5 วัน

โดยทั่วไปพริกแห้งที่ดีก่อนนำไปแปรรูปควรมีความชื้นต่ำกว่า 10% ไม่มีกลิ่นอับเหม็นหืน มีสารอัลฟาท็อกซินต่ำกว่า 20 ใน 1000 ล้านส่วน มีเชื้อจุลินทรีย์ได้ไม่เกิน $5X10^{5}$ โคโลนีต่อกรัม

ตัวอย่าง การทำพริกแห้งโดยดากด้วยแสงอาทิตย์

ตัวตู้หรือกล่องอบแห้งนั้นทำด้วยไม้หนาประมาณ 10 mm ด้านบนที่จะรับแสงอาทิตย์ใส่กระจกใสหนา 3 mm บิดเอียงทำมุม 18 องศา ผนังและพื้นภายในกล่องนั้นทาสีดำให้ช่วยดูดความร้อนไว้ด้วย ส่วนด้านล่างและด้านบนของกล่อง เจาะเป็นช่องให้อากาศภายนอกเข้าได้ทางด้านล่างและระบายความชื้นออกทางด้านบน ช่องว่างนี้ให้มีอยู่ประมาณร้อยละ 10-15 ของพื้นที่ในส่วนที่รับแสงอาทิตย์ ส่วนช่องระบายอากาศ ควรกรุด้วยมุ้งลวดตาถี่ป้องกันแมลงได้ด้วย ผนังด้านหลังมีบานพับ ปิดเปิดได้ได้เพื่อความสะดวกในการนำพริกลงวางอบ การอบด้วยวิธีนี้จะได้พริกที่สะอาดและแห้งเร็วกว่าวิธีอื่นๆด้วย

2.6.4 ข้อมูลทางการค้า

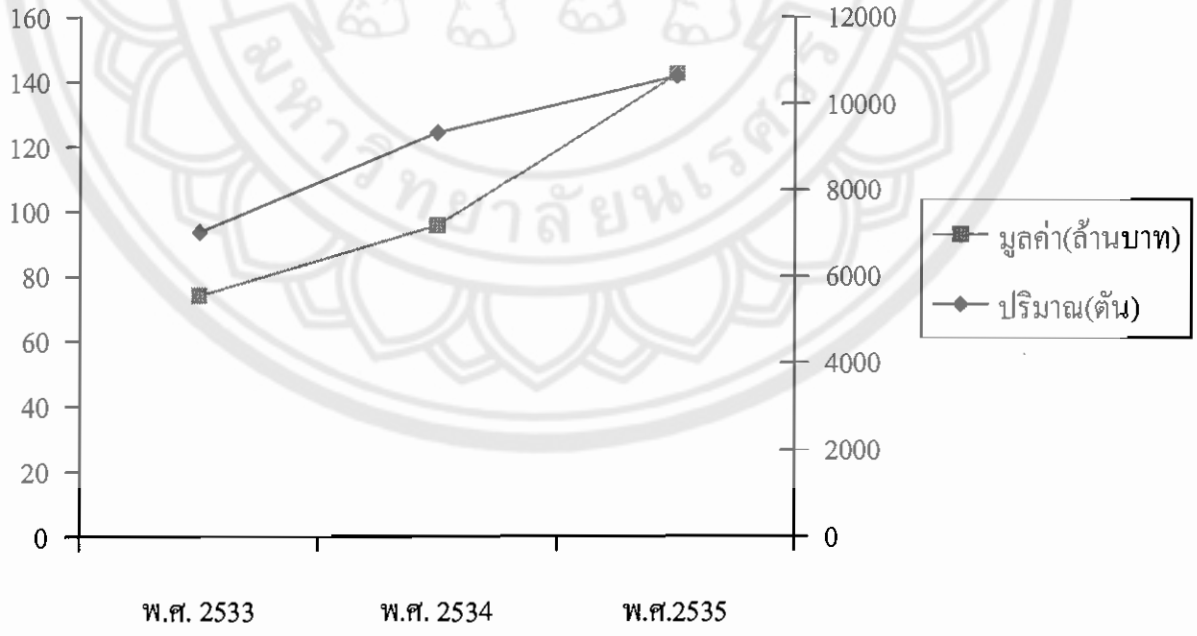
ตารางที่ 2.4 แสดงปริมาณและมูลค่าการส่งออกพริกสดและพริกแห้ง

ปริมาณ : ตัน

มูลค่า : ล้าน

ชนิด	พ.ศ.2533		พ.ศ.2534		พ.ศ.2535	
	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า
-พริกแห้งชนิดเม็ด	522.4	24.3	843.5	35.8	1331.7	61.0
-พริกแห้งชนิดป่น และบด	185.9	6.9	181.1	7.0	490.7	13.9
-พริกสด	6307.0	42.8	8288.0	53.1	8811.0	67.5
รวม	7015.3	74.0	9319.6	95.6	10633.4	142.4

แหล่งที่มา : กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์ กระทรวงพาณิชย์



รูปที่ 2.3 กราฟแสดงปริมาณและมูลค่าการส่งออกพริกทั้งพริกสดและพริกแห้ง

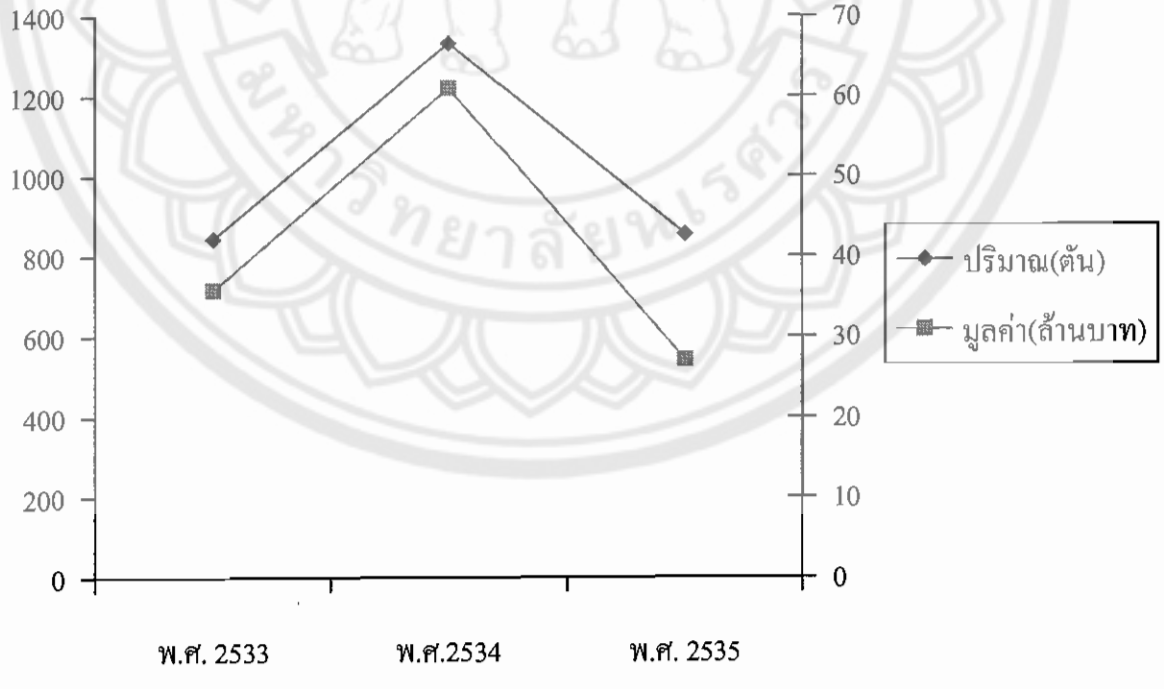
ตารางที่ 2.5 แสดงการส่งออกพริกแห้งชนิดเม็ดรายประเทศ

ปริมาณ : ตัน

มูลค่า : ล้าน

ประเทศ	พ.ศ.2533		พ.ศ.2534		พ.ศ.2535	
	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า
แคนาดา	2.2	0.2	31.4	2.8	6.7	0.5
ซาอุดิอาระเบีย	24.8	2.0	52.7	4.1	23.1	1.5
ไต้หวัน	188.8	2.5	291.3	2.7	268.0	1.8
มาเลเซีย	36.2	0.4	267.2	3.4	0	0
สหรัฐอเมริกา	66.8	5.6	418.6	30.8	243.5	12.5
ออสเตรเลีย	305.0	12.3	20.4	2.0	6.8	0.6
อิสราเอล	32.3	1.4	32.8	1.8	32.3	1.3
ประเทศอื่นๆ	187.4	11.4	217.3	13.4	274.7	8.9
รวม(ม.ค.-เม.ย.)	843.5	35.8	1331.7	61.0	855.1	27.1

แหล่งที่มา : กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์ กระทรวงพาณิชย์



รูปที่ 2.4 กราฟที่แสดงการส่งออกพริกแห้งชนิดเม็ด(รวม)

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์

ตารางที่ 2.6 แสดงผลผลิตพริกสดและพริกแห้งที่ออกสู่ตลาดในช่วงต่างๆจากแหล่งปลูกหลายแห่ง

จังหวัด	เดือน											
	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	←	—	—	—	—	—	→			←	—	→
นครสวรรค์			←	—	→							
เพชรบูรณ์						←	→		←	—	—	→
อุตรดิตถ์	↔										←	→
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ												
ชัยภูมิ										←	—	→
นครราชสีมา								←	—	—	—	→
เลย									←	—	—	→
ศรีสะเกษ	←	—	—	—	→							
อุบลราชธานี	←	—	—	—	→							
ภาคกลาง												
พระนครศรีอยุธยา									←	—	—	→
ลพบุรี									←	—	—	→
นครปฐม									←	—	—	→
ภาคตะวันออก												
จันทบุรี									←	—	—	→
ระยอง									←	—	—	→
ภาคตะวันตก												
ประจวบคีรีขันธ์									←	—	—	→
ราชบุรี						←	→					
ภาคใต้												
ชุมพร									←	—	—	→

AA004161
TJ
810
ช259ก
2543

2.7 คุณภาพอาหารกับการอบแห้ง

การอบแห้งมีผลกระทบต่อคุณภาพ ทั้งนี้เนื่องจากอาหารมีการสูญเสียน้ำและได้รับความร้อน อาหารแข็งอาจมีโครงสร้างแบบเซลล์ซึ่งมีน้ำอยู่ระหว่างเซลล์และภายในเซลล์ เซลล์เหล่านี้จะยืดหรือหดตัวภายใต้การกระทำของแรง ถ้าเซลล์เหล่านี้ถูกแรงกระทำจนเกินขีดจำกัดความยืดหยุ่น ชิ้นอาหารก็ไม่สามารถกลับสู่รูปร่างเดิมได้ การเปลี่ยนแปลงที่เห็นได้อย่างชัดเจนระหว่างการอบแห้งคือ การหดตัวของชิ้นอาหาร ซึ่งการหดตัวนี้มักจะเป็นแบบไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากชิ้นอาหารมีความแปรเปลี่ยนของสภาพยืดหยุ่น หรือการสูญเสียในชิ้นอาหารเองไม่สม่ำเสมอ อาหารต่างชนิดมักจะมีรูปแบบการหดตัวที่แตกต่างกัน อัตราการอบแห้งมีผลต่อการหดตัวและส่งผลให้ความหนาแน่นของอาหารหลังการอบแห้งแตกต่างกันด้วยเช่น การอบแห้งอย่างช้าๆ โซนการอบแห้งจะเคลื่อนย้ายอย่างช้าๆ จากบริเวณผิวของชิ้นอาหารไปสู่ใจกลางความหนาแน่นของเนื้ออาหารหลังการอบแห้งจะค่อนข้างสูง แต่ถ้าอบแห้งอย่างรวดเร็วด้วยอุณหภูมิค่อนข้างสูง ผิวภายนอกของอาหารจะแข็งอย่างรวดเร็ว เมื่อโซนการอบแห้งเคลื่อนย้ายเข้าสู่บริเวณใจกลางของชิ้นอาหาร การหดตัวของเนื้ออาหารภายในจะก่อให้เกิดการแตกแยกจากผิวที่แข็ง เกิดเป็นรอยปริเล็กๆน้อยๆเต็มไปหมด ในกรณีหลังนี้ความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์หลังการอบแห้งจะต่ำกว่า

การอบแห้งโดยใช้อุณหภูมิค่อนข้างสูงอาจทำให้ผิวของชั้นอาหารแข็งตัวอย่างรวดเร็ว และขัดขวางการแพร่ของน้ำจากภายในชิ้นมาสู่ผิวเป็นผลให้อัตราการอบแห้งลดลงอย่างรวดเร็ว การแก้ปัญหานี้ทำได้ง่ายโดยการลดอุณหภูมิของการอบแห้งและควบคุมไม่ให้อัตราการอบแห้งสูงเกินไป

เทคนิคการอบแห้งบางอย่างอาจช่วยให้ผลิตภัณฑ์หลังการอบแห้งมีความพรุนมากขึ้น ซึ่งอาจช่วยให้การถ่ายเทมวลดีขึ้น เป็นผลให้อัตราการอบแห้งสูงขึ้น แต่ในบางครั้งพบว่าการถ่ายเทมวลไม่ได้ดีขึ้น เนื่องจากโครงสร้างที่พรุนส่งผลให้การถ่ายเทความร้อนไม่ดี ความพรุนในชิ้นอาหารสามารถทำให้เกิดได้โดยการสร้างความดันไอในชิ้นอาหารให้สูงเมื่อเทียบกับความดันรอบชิ้นอาหาร

การเปลี่ยนแปลงทั้งทางเคมีและทางกายภาพ มีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์หลังการอบแห้งมาก คุณภาพทางเคมีบางอย่างได้แก่ สี กลิ่น เนื้อผลิตภัณฑ์ ความหนืด อัตราการคืนรูป คุณค่าทางอาหาร และเสถียรภาพในการเก็บรักษา เป็นต้น

ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล มักเกิดขึ้นระหว่างการอบแห้งผลิตภัณฑ์อาหาร ส่วนใหญ่แล้วจะไม่เป็นที่ต้องการ เพราะอาจทำให้รสชาติไม่ดี ลักษณะภายนอกไม่น่าดู การเกิดสีน้ำตาลในอาหารมีสองแบบคือ เกิดจากปฏิกิริยาที่มีเอ็นไซม์เกี่ยวข้องและปฏิกิริยาที่ไม่มีเอ็นไซม์เกี่ยวข้อง กรณีแรกเกิดจากการที่เอ็นไซม์ที่ยังคงแอกติฟอยู่เมื่อถูกกับอากาศจะเกิดเป็นสีน้ำตาล เอ็นไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาลในผักและผลไม้เป็นกลุ่มของเอ็นไซม์ ซึ่งอาจเรียกชื่อรวมว่าฟีนอลเลส (Phenolase) การใช้ความ

ร้อนหรือสารเคมีบางอย่างอาจช่วยให้เอ็นไซม์ไม่แอกติฟอีกต่อไป ซึ่งช่วยลดการเปลี่ยนสีได้ ส่วนปฏิกิริยาที่ไม่มีเอ็นไซม์เกี่ยวข้องแต่มีน้ำตาลเกี่ยวข้องนั้นอาจแบ่งได้เป็นปฏิกิริยาคาราเมไลเซชั่น (Caramelization) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเมื่อได้รับความร้อนสูงมากเกินไปและไม่มีสารประกอบไนโตรเจนอยู่ ส่วนปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard Reaction) เป็นปฏิกิริยาที่เกิดเมื่อมีสารประกอบไนโตรเจนอยู่ ซึ่งเกิดเมื่อได้รับความร้อนสูงเช่นเดียวกัน มีผู้พบว่าปฏิกิริยาเมลลาร์ดเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงที่ผลิตภัณฑ์อาหารมีความชื้นลดลงในช่วง 20% เหลือ 15% เมื่อความชื้นลดต่ำกว่านี้ปฏิกิริยาจะลดลง ดังนั้นอาจสามารถลดปฏิกิริยาเมลลาร์ดลงได้ ถ้าสามารถลดระยะเวลาของการอบแห้งในช่วงความชื้นดังกล่าวให้เหลือน้อยที่สุด

การอบแห้งมีผลต่อการดูดคืนน้ำกลับเข้าในชิ้นอาหาร ทั้งนี้เป็นเพราะชิ้นอาหารมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพเช่น การหดตัวมีการเสียรูปของเซลล์และหลอดรูเล็ก หรือมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีหรือเคมีฟิสิกส์ในระดับคอลลอยด์ ผลของการเปลี่ยนแปลงนี้ทำให้ชิ้นอาหารอาจไม่สามารถดูดคืนน้ำกลับเข้าไปได้เท่าเมื่อก่อนการอบแห้ง และยังทำให้เกิดการสูญเสียสารระเหยที่มีกลิ่นของชิ้นอาหาร

สำหรับการอบแห้งผลไม้โดยใช้แบบตู้เป็นการอบแห้งผลิตภัณฑ์ด้วยลมร้อนภายในตู้ซึ่งมีถาดบรรจุผลิตภัณฑ์อยู่ อุณหภูมิลมร้อนที่ใช้กันโดยทั่วไปประมาณ 60-70^{o}C ถ้าสูงกว่านี้จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีสีเข้มซึ่งไม่สวย ผิวอาจย่นมาก เป็นด้น ซึ่งเวลาที่ใช้อบแห้งอาจจะหลายสิบชั่วโมง

Soponronnarit et al. (1992 a), Soponronnarit et al. (1992 b), และ Soponronnarit et al. (1993) ศึกษาการอบแห้งกล้วยน้ำว้า มะละกอแช่อิ่ม และสับปะรดแช่อิ่มในตู้อบแห้งตามลำดับ โดยทำการทดลองและพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับใช้ในการศึกษาหาเงื่อนไขการทำงานที่เหมาะสมที่สุด แบบจำลองนี้คล้ายกับของ ศิวะ อัจฉริยวิริยะ และสมชาติ โสภณรณฤทธิ์ (2532) ผลการศึกษาสามารถสรุปว่า หากต้องการผลิตภัณฑ์หลังการอบแห้งที่มีคุณภาพสูงคือ มีสีสวย ไม่คล้ำ ผิวไม่เหี่ยวย่นและไม่แข็งภายนอก ควรใช้อุณหภูมิของอากาศอบแห้งประมาณ 65 ^{o}C ซึ่งจะสิ้นเปลืองพลังงานค่อนข้างต่ำโดยที่อัตราการผลิตยังสูงอยู่