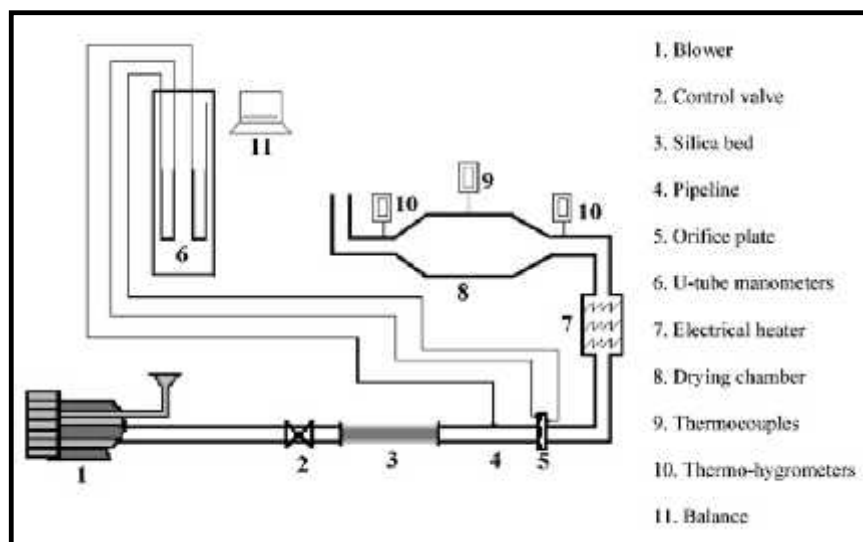


บทที่ 2

วรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 วรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

M.G.A. Vieira และ S.C.S. Rocha (2550) ได้สร้างในเครื่องอบแห้งแบบพาความร้อนดังรูปที่ 2.1 และในสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติ โดยศึกษาสมบัติทางกายภาพของกระดาษ(ปริมาณความชื้น, grammage, ความหนา, ความหนาแน่นชัดเจนและแน่นอน, ความพรุน, ยืด, ต้านทานแรงระเบิดและความมั่นคงมิติและการดูดซึมน้ำ) ซึ่งพบว่าได้รับการพิจารณาและอิทธิพลของอุณหภูมิอากาศอบแห้งที่มีต่อคุณภาพและความเร็วสุดท้ายของกระดาษแห้ง, เกี่ยวกับคุณสมบัติเหล่านี้ได้จากการวิเคราะห์และเมื่อเทียบกับกระดาษอบแห้งที่เงื่อนไขสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ โดยใช้หลักการของแสงและกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนิกส์ ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างบนพื้นผิวกระดาษหลังจากการอบแห้ง การเพิ่มขึ้นของตัวแปรทั้งสองตัว(อุณหภูมิและความเร็วลม) เพิ่มอัตราการอบแห้ง แต่ถ้ามีอุณหภูมิสูงและความเร็วลมสูงจะทำให้คุณภาพกระดาษจะไม่สม่ำเสมอและผิวแห้งเกินไป



รูปที่ 2.1 เครื่องอบแห้งแบบพาความร้อน

2.1.1 การวิจัยเกี่ยวกับการอบแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานในไทยและต่างประเทศ

ไพโรจน์ ศิริรัตน์ และคณะ (2549) ได้วิจัยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานชนิดอูโมงค์ ซึ่งใช้อุณหภูมิเป็นตัวเก็บกักความร้อนจากการเผาไหม้ไม้ฟืน เป็นอุปกรณ์ที่ใช้อบแห้งผลผลิตทางการเกษตรโดยอาศัยพลังงานหมุนเวียนทั้งหมด สามารถใช้ได้ตลอดเวลาอย่างต่อเนื่อง จาก

การทดลองอบพริกชี้หนู พบว่าเมื่อใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวพริกจะแห้งอย่างทั่วถึงภายใน 15 ชั่วโมง 2 วัน โดยอุณหภูมิเฉลี่ยในตู้อมีค่าประมาณ $44-59^{\circ}\text{C}$ เมื่อใช้พลังงานแสงอาทิตย์ผสมผสานกับความร้อนจากการเผาไม้ฟืน พบว่าการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ 9 ชั่วโมง และความร้อนจากไม้ฟืนอีก 12 ชั่วโมง ทำให้พริกที่ตำแหน่งด้านหน้าของเครื่องซึ่งอยู่ใกล้เตาเผาแห้งอย่างทั่วถึง แต่พริกที่อยู่ใกล้ทางระบายอากาศออกจากตู้อยังไม่แห้งสนิททั้งนี้เนื่องมาจากอุณหภูมิที่ต่ำกว่า ดังนั้นจำเป็นต้องมีการสลับภาคเพื่อให้พริกแห้งอย่างทั่วถึงในเวลาใกล้เคียงกัน

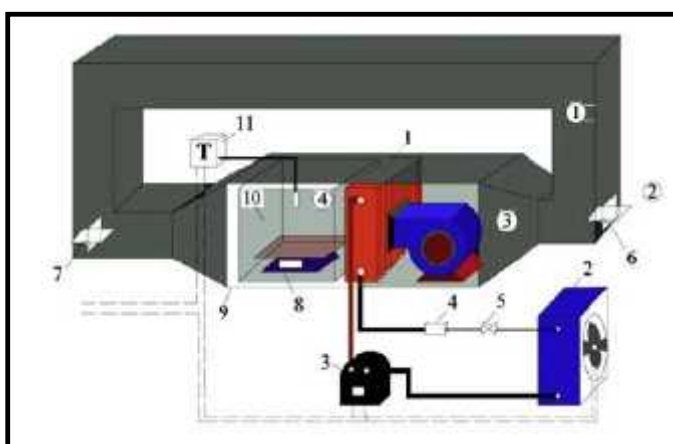
กุลยศ สุวันทโรจน์ (2549) ศึกษาออกแบบและสร้างตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานเพื่อให้ตู้อบสามารถใช้งานร่วมกับชุดทำความร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพลักษณะของชุดตู้อบโครงสร้างของตู้อบทำจากอลูมิเนียมขนาด กว้าง 60 cm ยาว 60 cm สูง 80 cm ก่อตั้งตู้อบภายในเคลือบสีดำ ผนังด้านข้างมีแผงป้องกันการสูญเสียความร้อนทำจากไม้หุ้มด้วยแผ่นอลูมิเนียม ด้านบนปิดครอบด้วยกระจกใส ล้นชักตะแกรงวางผลิตภัณฑ์และล้นชักกระบะใส่วัตถุดูดเก็บความร้อนสามารถเลื่อนเข้าออกทางด้านหน้าได้ แผ่นสะท้อนแสงด้านบนทำจาก กระจกเงาพลาสติกอัดกรอบอลูมิเนียมจำนวน 2 แผ่นเลนส์รวมแสงตัดแปลงจากแผ่นกรองแสงโทรทัศน์จะรวมแสงส่องไปยังแผ่นสะท้อนด้านล่าง เพื่อให้ความร้อนแก่กล่องเก็บความร้อนมากขึ้นและสามารถนำความร้อนนั้นไปใช้อบผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ

S. Boughali และคณะ (2552) ศึกษาออกแบบและสร้างเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานต้นแบบสำหรับผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรดังรูปที่ 2.2 โดยให้มีการอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ ระหว่าง 0.04 และ $0.08 \text{ kg/m}^2 \text{ s}$ การทดสอบการทดลองที่มีและไม่มีโหลดได้ดำเนินการในฤดูหนาวเพื่อศึกษาพฤติกรรมความร้อนของเครื่องเป่าและผลของการอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศสูง เพื่อหาประสิทธิภาพการอบแห้ง ส่วนการใช้ของพลังงานไฟฟ้าและพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกันโดยนำ มะเขือเทศฝานเป็นชิ้นๆ เป็นโหลดเพื่อศึกษากับอุณหภูมิที่แตกต่างกันและความเร็วของอากาศแห้ง ที่ส่งผลอิทธิพลของตัวแปรเหล่านี้ในปริมาณความชื้นออกจากผลิตภัณฑ์และในজনপলসাস্ত্রการอบแห้ง

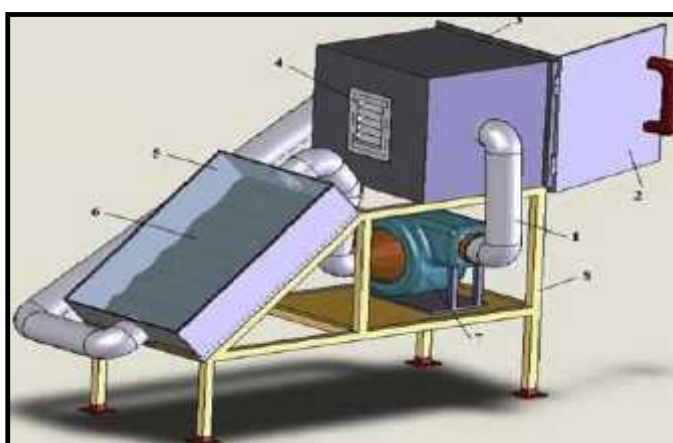


รูปที่ 2.2 เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน

Mustafa Aktas และคณะ (2552) ได้ศึกษา การออกแบบและผลิต โดยเปรียบเทียบเครื่องอบแห้งระหว่างปั๊มความร้อนดังรูปที่ 2.3 กับพลังงานแสงอาทิตย์ ดังรูปที่ 2.4 วิเคราะห์การทดลอง โดยการอบแห้งแอปเปิ้ลและเปรียบเทียบทำระหว่างสอง แอปเปิ้ลถูกหั่นหนา 4 mm หนาและถูกทำให้แห้งจาก 4.8 (g น้ำ / g มวลแห้ง) ความชื้น 0.18 (g น้ำ / g มวลแห้ง) ที่ความเร็วลมเชิงมวล 3.3 $\text{kg/m}^2\text{s}$ -2.4 $\text{kg/m}^2\text{s}$ ใช้เวลา 3.5 h พบว่าการแพร่กระจายความชื้นมีผลบังคับใช้พบว่า $2.36 \times 10^8 \text{ m}^2 / \text{s}$ ในเครื่องอบแห้งปั๊มความร้อน และ $1.03 \times 10^8 \text{ m}^2 / \text{s}$ ในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ดังรูปที่ 2.4 ซึ่งสรุปว่าในเวลากลางวันควรใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ส่วนตอนกลางคืนควรใช้แบบปั๊มความร้อน และหากวิจัยพัฒนาเพิ่มขึ้นควรนำทั้งสองเครื่องมาอยู่ในเครื่องเดียวกันจะดีที่สุด



รูปที่ 2.3 เครื่องอบแบบปั๊มความร้อน



รูปที่ 2.4 เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์

2.2 การอบแห้ง (Drying) (วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล และคณะ , 2548)

การอบแห้งคือ กระบวนการที่ความร้อนถูกถ่ายเทด้วยวิธีใดวิธีหนึ่ง ไปยังวัสดุที่มีความชื้น เพื่อไล่ความชื้นออกโดยการระเหย โดยอาศัยความร้อนที่ได้รับเป็นความร้อนแฝงของการระเหย สิ่งสำคัญในการอบแห้งคือ การทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนไปยังวัสดุอบแห้งอย่างมีประสิทธิภาพโดยใช้วิธีการต่างๆ เพื่อให้ความชื้นของวัสดุนั้นมีค่าลดลง

โดยทั่วไปแล้วปริมาณของน้ำที่มีอยู่ในวัสดุอบแห้ง มักจะถูกนิยามในรูปของอัตราส่วนของน้ำในวัสดุต่อมวลทั้งหมดของวัสดุหรือเรียกกันว่าน้ำหนักเปียก นั่นคือใช้มวลของวัสดุขึ้นเป็นมาตรฐานของการคำนวณความชื้น แต่บางครั้งการใช้น้ำหนักเปียกในการคำนวณนั้นในแต่ละวันความชื้นในวัสดุมีค่าไม่เท่ากันอาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้จึงอาจใช้เป็นน้ำหนักแห้งของวัสดุแทนได้แล้วแต่ผู้ทำการคำนวณจะเลือกใช้

การถนอมอาหารในปัจจุบันใช้วิวัฒนาการทางเทคโนโลยี เพื่อการปรับปรุงวัตถุดิบจำนวนมากพร้อมๆ กันเพื่อเป็นผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูปหรือกึ่งสำเร็จรูป หรือปรับปรุงวิธีถนอมอาหารสมัยโบราณให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีขึ้น ทั้งในด้านความสะอาด สี กลิ่น รส เนื้อสัมผัส และยืดอายุการเก็บอาหารนั้นให้ได้ยาวนาน

เทคโนโลยีการถนอมผลิตผลพืชสมุนไพรต้องอาศัยความรู้ทางวิทยาศาสตร์พื้นฐาน ได้แก่ เคมี ฟิสิกส์ ชีววิทยา คณิตศาสตร์ และสถิติ ควบคู่กับความรู้ในการแปรรูปผลิตผลการเกษตรให้เป็นผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่ หรือปรับปรุงของเดิมให้ดียิ่งขึ้นทั้งในลักษณะที่มองเห็นหรือสัมผัสได้ เช่น สี กลิ่น ความนุ่ม ความเหนียว เป็นต้น

การถนอมอาหาร โดยหลักใหญ่คือ การทำลายหรือฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่มีอยู่หรืออาจเกิดขึ้นในอาหาร และทำให้เกิดการเน่าเสียให้หมดไป ปัจจุบันผลิตผลพืชสมุนไพรมีมากขึ้นและประชากรมากขึ้นจึงได้มีการศึกษาค้นคว้าและการทดลองใช้เทคโนโลยี เพื่อถนอมผลิตผลทางพืชสมุนไพรให้สามารถเก็บไว้ได้นาน ซึ่งกรรมวิธีการถนอมอาหารที่ใช้กันมากในปัจจุบันคือ

1. การถนอมอาหารโดยใช้ความร้อนสูง เช่น ผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋อง
2. การถนอมอาหารโดยใช้ความเย็น เช่น ผลิตภัณฑ์อาหารเยือกแข็ง
3. การถนอมอาหารโดยการทำให้แห้ง เช่น ปลาเค็ม กาแฟผง ยาสมุนไพร
4. การถนอมอาหารโดยการหมักดอง เช่น ซีอิ๊ว น้ำส้มสายชู
5. การถนอมอาหารโดยใช้รังสี เช่น หัวหอมใหญ่

หลักในการทำอาหารให้แห้งคือจะต้องไล่ความชื้นที่มีอยู่ในผลิตผลพืชสมุนไพรออกไป แต่ยังคงมีความชื้นเหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์มานาน้อยแล้วแต่ชนิดของพืช

2.2.1 อัตราการอบแห้ง

- 1) ช่วงการให้ความร้อนเบื้องต้นแก่วัตถุดิบ

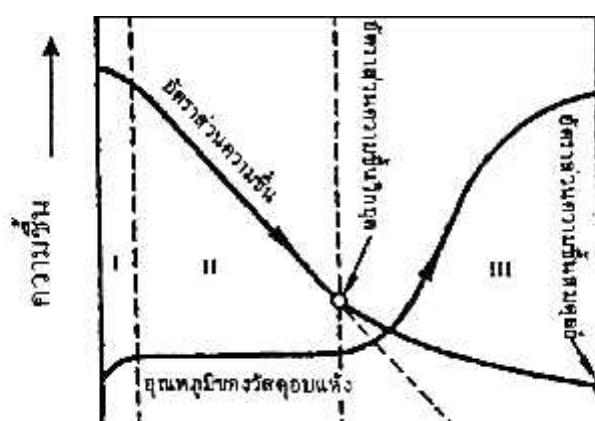
ที่ผิวของวัตถุดิบที่เปียกชื้น ความชื้นผิวจะอยู่ในรูปแบบของน้ำถ้าเอาวัตถุดิบมาอบแห้งภายใต้เงื่อนไขคงที่ อุณหภูมิของวัตถุดิบจะมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet bulb temperature) ของกระแสลมร้อน ช่วงเวลาวัตถุดิบใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิจนถึงค่านี้ คือ ช่วงการให้ความร้อนเบื้องต้นแก่วัตถุดิบ

- 2) ช่วงการอบแห้งในช่วงอัตราคงที่

ช่วงที่อัตราการอบแห้งคงที่จะมีปริมาณความชื้นเริ่มลดลงอย่างมากด้วยอัตราคงที่ และอุณหภูมิคงที่ ขั้นตอนในการอบแห้งนี้ จะเกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์อุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศ อัตราการกำจัดความชื้นจากผลผลิตหรือภายในผลผลิต อัตราการอบแห้งจะดำเนินการต่อไป ขณะที่เคลื่อนที่ของความชื้นไปยังผิวการระเหยเกิดขึ้นได้รวดเร็วกว่าการระเหยที่เกิดขึ้นที่ผิว

3) ช่วงการอบแห้งในช่วงอัตราลดลง

เมื่อมีการอบแห้งวัสดุที่เปียกชื้นภายใต้เงื่อนไขของการอบแห้งที่คงที่ เช่น กรณีที่วางวัสดุเปียกชื้นภายในกระแสมปริมาณมากที่อุณหภูมิความชื้นและความเร็วลมคงที่ ถ้าอัตราการเปลี่ยนแปลงมวลและอุณหภูมิของวัสดุอบแห้งนี้กับเวลา จะได้เส้นกราฟคล้ายคลึงกับรูปที่ 2.5 ซึ่งเรียกว่าเส้นลักษณะเฉพาะของการอบแห้ง (Drying characteristic curve)



รูปที่ 2.5 ช่วงต่างๆ ในการอบแห้ง

ช่วงที่ I และ ช่วงที่ II หลังจากที่มีความชื้นลดลงถึงปริมาณความชื้นวิกฤต กระบวนการอบแห้งจะดำเนินไปในอัตราลดลง เนื่องจากการระเหยเกิดขึ้นด้วยอัตราลดลง ดังนั้นหลังจากถึงจุดปริมาณความชื้นวิกฤตแล้ว อัตราการอบแห้งจะลดลงด้วยความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงกับปริมาณความชื้นที่ลดลง บางผลผลิตอาจมีช่วงอัตราลดลงซึ่งจะสังเกตเห็นอัตราการอบแห้งลดลงช่วงที่ II หรือ III ในช่วงอัตราลดลงพื้นที่ผิวอิมตัวจะลดลง ทั้งนี้เนื่องจากการเคลื่อนที่ของความชื้นภายในผลผลิตไม่เพียงพอต่อการระเหยที่ผิว ดังนั้นอัตราการอบแห้งจึงลดลงขณะที่พื้นผิวไม่อิมตัวเพิ่มขึ้น

โดยทั่วไปความชื้นที่ผิวของวัสดุที่เปียกชื้นจะอยู่ในรูปของน้ำ ถ้านำวัสดุนี้มาอบแห้งภายใต้เงื่อนไขที่คงที่ อุณหภูมิของวัสดุจะมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิกระเปาะเปียกของกระแสมร้อนช่วงเวลาที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิจนถึงค่านี้คือ ช่วงที่ 1 ในรูปที่ 2.9 ส่วนช่วงที่ 2 อุณหภูมิของวัสดุจะมีค่าคงที่ประมาณอุณหภูมิกระเปาะเปียก ระบายไต้ยังมีความชื้นเหลืออยู่ในรูปของน้ำที่ผิววัสดุ ความร้อนทั้งหมดที่วัสดุได้รับในช่วงนี้จะถูกใช้ในการระเหยความชื้นเท่านั้น ดังเห็นได้จากรูปอัตราส่วนความชื้นเฉลี่ยของวัสดุจะลดลงเป็นสัดส่วนกับเวลาในช่วงที่ 2 นี้ ดังนั้นความเร็วของการระเหยจะมีค่าคงที่ ในช่วงที่ 3 ความชื้นในรูปของน้ำที่ผิวของวัสดุจะระเหยหมดไปเพราะการถ่ายเทความชื้นในรูปของน้ำจากส่วนในของวัสดุ เกิดขึ้นไม่ทันกับการระเหยของน้ำจากผิวของวัสดุ ดังนั้นผิวของวัสดุจะอยู่ในสภาพที่แห้งและอุณหภูมิของวัสดุจะเริ่มสูงขึ้น

สรุปแล้วความเร็วของการอบแห้งจะค่อยๆ ลดลง เพราะนอกจากปริมาณความร้อนที่วัสดุได้รับจะลดลงแล้ว ยังต้องใช้ความร้อนนี้ในการระเหยความชื้นและเพิ่มอุณหภูมิของวัสดุ ด้วยการอบแห้งจะสิ้นสุดลงเมื่ออัตราส่วนความชื้นลดลงถึงค่าอัตราส่วนความชื้นสมดุล ค่าของอัตราส่วนความชื้นเฉลี่ยที่จะต่อระหว่างช่วงที่ 2 และช่วงที่ 3 เรียกว่า อัตราส่วนความชื้นวิกฤตผลต่างระหว่างอัตราส่วนความชื้นเฉลี่ยใดๆ และอัตราส่วนความชื้นวิกฤตเรียกว่า อัตราส่วนความชื้นอิสระซึ่งได้แก่ปริมาณความชื้นที่ระเหยออกไปได้โดยการอบแห้ง ในกรณีของวัสดุที่มีช่วงที่ 2 และช่วงที่ 3 ยาวนานมาก จะไม่คำนึงถึงผลช่วงที่ 1 ก็ได้ ส่วนในกรณีของวัสดุที่ไม่เปียกชื้นหรือในกรณีของวัสดุที่มีลักษณะเฉพาะบางชนิด อาจไม่มีช่วงที่ 2 เลยก็ได้

เงื่อนไขของการอบแห้งอาจแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ เงื่อนไขภายนอกวัสดุที่ก่อให้เกิด การอบแห้งและเงื่อนไขภายในตัววัสดุเอง เงื่อนไขภายนอกจะเกี่ยวข้องกับวิธีถ่ายเทความร้อนไปยังวัสดุและวิธีกำจัดไอน้ำที่ระเหยออกมา ส่วนเงื่อนไขภายในได้แก่ องค์ประกอบ รูปทรง อัตราส่วนความชื้น และอัตราส่วนความชื้นสมดุลของวัสดุอบแห้ง เป็นต้น

2.2.2 การคำนวณหาความชื้นในผลผลิต

โดยทั่วไปแล้วปริมาณของน้ำที่มีอยู่ในผลผลิตที่นำมาทำการอบแห้งจะอยู่ในรูปของอัตราส่วนของน้ำต่อมวลทั้งหมด ใช้มวลของผลผลิตที่ขึ้น เป็นมาตรฐานของการคำนวณความชื้น แต่ในกระบวนการอบแห้งนั้น มวลของผลผลิตที่ขึ้นจะเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นการใช้มวลของผลผลิตที่แห้งเป็นมาตรฐานจะสะดวก และเหมาะสมกับการหาความชื้นของผลผลิตที่นำมาผ่านกระบวนการอบแห้งมากกว่า

2.2.3 การคำนวณหาความชื้นมาตรฐานแห้ง

ความชื้นมาตรฐานแห้งนี้เป็นที่นิยมใช้กันในการวิเคราะห์ของกระบวนการอบแห้งทางทฤษฎี เพราะช่วยให้การคำนวณสะดวกขึ้น ซึ่งเป็นเพราะมวลของวัสดุแห้งจะมีค่าคงที่หรือเกือบคงที่ระหว่างการอบแห้ง เหตุที่เกือบจะคงที่เป็นเพราะผลผลิตทางเกษตรเป็นสิ่งมีชีวิต มีการหายใจ ดังนั้นจึงดังนั้นเราสามารถหาความชื้นมาตรฐานแห้งได้ตามสมการมีการเผาผลาญสารอาหาร ทำให้มวลแห้งมีโอกาสดลดลงได้ ส่วนใหญ่แล้วมวลแห้งจะลดลงเล็กน้อย

$$M_d = \frac{m_w - m_d}{m_d} \times 100 \quad (2.1)$$

เมื่อ M_d คือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง (%d.b.)

m_w คือ มวลของผลผลิตขึ้น (kg)

m_d คือ มวลของผลผลิตแห้ง (kg)

2.4.4 การคำนวณหาความชื้นมาตรฐานเปียก

การบอกค่าความชื้นก็คือการบอกปริมาณของน้ำที่มีอยู่ในผลผลิต สามารถบอกได้เป็นความชื้นมาตรฐานเปียก

$$M_w = \frac{m_w - m_d}{m_w} \times 100 \quad (2.2)$$

เมื่อ	M_w	คือ ความชื้นมาตรฐานเปียก (%w.b.)
	m_w	คือ มวลของผลผลิตขึ้น (kg)
	m_d	คือ มวลของผลผลิตแห้ง (kg)