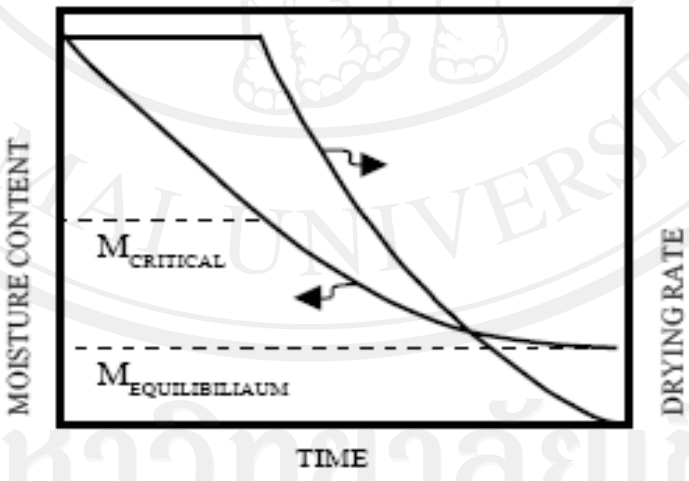
บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

2.1 การอบแห้ง

การอบแห้ง คือ กระบวนการที่ความร้อนถูกถ่ายเทด้วยวิธีใดวิธีหนึ่ง เพื่อไล่ความชื้นออกโดยการระเหยน้ำ โดยอาศัยความร้อนที่ได้รับเป็นความร้อนแฝงของการระเหย สิ่งที่สำคัญที่สุดในการอบแห้งคือการถ่ายเทความร้อนไปยังวัสดุอบแห้งอย่างมีประสิทธิภาพที่สุด โดยทั่วไปการอบแห้งมักจะใช้อากาศร้อนเป็นตัวกลางในการอบแห้ง ความร้อนจะถ่ายเทไปยังผิววัสดุโดยส่วนใหญ่จะถูกนำไปใช้ในการระเหยน้ำ ซึ่งไอน้ำจะเคลื่อนที่จากผิววัสดุมายังกระแสอากาศ และถ้าผิววัสดุมีปริมาณน้ำอยู่มาก อุณหภูมิและความเข้มข้นของไอน้ำที่ผิวจะคงที่ ส่งผลให้อัตราการถ่ายเทความร้อนและอัตราการอบแห้งคงที่ด้วย ถ้าอุณหภูมิ ความชื้น และความเร็วของกระแสอากาศมีค่าคงที่ เมื่อผิววัสดุมีปริมาณน้ำลดลงเหลือน้อย อุณหภูมิและความเข้มข้นของไอน้ำที่ผิววัสดุย่อมเปลี่ยนแปลงไป โดยที่อุณหภูมิของวัสดุจะสูงขึ้นและความเข้มข้นของไอน้ำจะลดลง ส่งผลให้อัตราการอบแห้งลดลง ดังนั้นช่วงอัตราการอบแห้ง ความชื้นที่อยู่ระหว่างช่วงอัตราการอบแห้งคงที่และช่วงอัตราการอบแห้งลดลงเรียกว่า ความชื้นวิกฤต ซึ่งแสดงดังรูป 2.1



รูป 2.1 การอบแห้งในช่วงอัตราการอบแห้งคงที่และลดลง

ที่มา: Brooker et al. (1986)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วัสดุการเกษตรส่วนใหญ่มีโครงสร้างภายในเป็นรูพรุน ซึ่งสามารถแบ่งช่วงการอบแห้งออกเป็นสองช่วงคือ ช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ (Constant drying rate) และช่วงอัตราการอบแห้งลดลง (Falling drying rate)

2.1.1 การอบแห้งในช่วงอัตราการอบแห้งคงที่

การอบแห้งในช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ การถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวลระหว่างวัสดุกับอากาศจะเกิดขึ้นเฉพาะที่รอบๆผิววัสดุเท่านั้น และน้ำจะเกาะอยู่ที่ผิวของวัสดุเป็นจำนวนมาก ในการอบแห้งซึ่งจะเกิดขึ้นที่บริเวณผิวของวัสดุก่อน ตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อการอบแห้ง คือ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม เมื่อเพิ่มความเร็วลมที่ไหลผ่านวัสดุจะทำให้ฟิล์มของอากาศนิ่งมีความหนาลดลง เป็นผลให้ความต้านทานต่อการไหลของความร้อนและมวลลดลงด้วย เมื่อเพิ่มอุณหภูมิของอากาศอบแห้ง จะทำให้ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างที่ผิววัสดุและของกระแสอากาศที่ไหลอิสระมีมากขึ้น เป็นผลให้การถ่ายเทความร้อนและมวลดีขึ้น เมื่อลดค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศอบแห้ง จะเป็นผลให้ความแตกต่างระหว่างอัตราส่วนความชื้นอิ่มตัวที่ผิววัสดุและอัตราส่วนความชื้นของกระแสอากาศที่ไหลอิสระมีมากขึ้นทำให้เกิดการถ่ายเทมวลดีขึ้น การถ่ายเทมวลเกิดขึ้นเนื่องจากความแตกต่างของความเข้มข้นของไอน้ำที่ผิวของกระเปาะเปียกและที่อากาศรอบนอก (สมชาติ โสภณรณฤทธิ์, 2540) สามารถเขียนได้ว่า

$$\dot{m}_w = h_D A\left(C_{wb} - C_\infty\right) \qquad (2.1)$$

เมื่อ $\dot{m}_W$ = อัตราการถ่ายเทมวล, kg / h

h_D = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวล, kg/ h-m^2

C_{wb}, C_∞ = ความเข้มข้นของไอน้ำที่ผิวของกระเปาะเปียกและที่กระแสไหลอิสระของอากาศตามลำดับ, kg / m^3

A = พื้นที่, m^2

แทนค่า $C = \frac{m_v}{V_v} = \frac{P_v M_w}{RT_{abs}}$ ในสมการ (2.1) จะได้

$$\dot{m}_w = h_D A M_w \frac{(P_{v,wb} - P_{v,\infty})}{RT_{abs}} \qquad (2.2)$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่ออินทิเกรตสมการ (2.2)

$$\Delta m_w = h_D A M_w \frac{(P_{v,wb} - P_{v,\infty})}{RT_{abs}} \Delta t \qquad (2.3)$$

เมื่อ M_w = มวลโมเลกุล, kg/kmol

$P_{v,wb}, P_{v,\infty}$ = ความดันไออิ่มตัวที่ผิววัสดุและของน้ำในอากาศตามลำดับ, kPa

R = ค่าคงที่ของก๊าซสากล มีค่า 8.314 kJ / kmol·K

T_{abs} = อุณหภูมิสัมบูรณ์ของลมร้อน,K

m_v = มวลไอน้ำ, kg

V_v = ปริมาตรไอน้ำ, m^3

จากสมการ (2.2) จะเห็นว่า $\dot{m}_W$ มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อ h_D มีค่าเพิ่มขึ้น ทำได้โดยเพิ่มความเร็วลม อันเป็นผลให้ความหนาของชั้นอากาศนิ่งที่อยู่รอบๆผิววัสดุมีค่าลดลง หรือโดยเพิ่มอุณหภูมิของอากาศ ทำให้ $T_\infty - T_{wb}$ เพิ่มขึ้น หรือโดยการเพิ่มค่า A อาจทำได้โดยลดขนาดวัสดุให้เล็กลง

2.1.2 การอบแห้งในช่วงอัตราการอบแห้งลดลง

ในช่วงอัตราการอบแห้งลดลงความชื้นของวัสดุมีค่าต่ำกว่าความชื้นวิกฤต การถ่ายเทความร้อนและมวลมิได้เกิดขึ้นเฉพาะที่ผิววัสดุเท่านั้น แต่เกิดภายในเนื้อวัสดุด้วย การเคลื่อนที่ของน้ำจากภายในวัสดุมายังผิวช้ากว่าการพาความชื้นจากผิววัสดุไปยังอากาศ ทำให้อัตราการอบแห้งลดลง อัตราการระเหยน้ำจะถูกควบคุมโดยความต้านทานการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของน้ำในวัสดุ ในขณะนั้นอุณหภูมิของวัสดุมีค่าสูงขึ้นและสูงกว่าอุณหภูมิกระเปาะเปียก

สมการจลนพลศาสตร์ของการอบแห้ง (Drying Kinetic Equation)

ในการวิเคราะห์การอบแห้งวัสดุพรุน มีสมการจลนศาสตร์การอบแห้งอยู่ 3 รูปแบบ คือ สมการการอบแห้งทางทฤษฎี สมการการอบแห้งกึ่งทฤษฎี และสมการการอบแห้ง เอมไพริเคิล แต่ละรูปแบบสมการมีรายละเอียดดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1. สมการจลนพลศาสตร์การอบแห้งทางทฤษฎี (Theoretical Drying Equation)

กลไกการอบแห้งวัสดุที่มีโครงสร้างภายในเป็นรูพรุน ซึ่งอยู่ในช่วงอัตราการอบแห้งลดลงมีกระบวนการพื้นฐานที่สำคัญ คือ กระบวนการถ่ายเทความร้อนที่ผิวภายนอกของผลิตภัณฑ์จะมีการแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศร้อน ทำให้น้ำที่ผิวของผลิตภัณฑ์ระเหยกลายเป็นไอออกไป และกระบวนการเคลื่อนย้ายของน้ำในผลิตภัณฑ์เมื่อน้ำที่ผิวของผลิตภัณฑ์ระเหยออกไปจะทำให้น้ำที่อยู่ภายในของผลิตภัณฑ์มาที่ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ หลังจากนั้นน้ำที่ผิวก็จะกลายเป็นไอระเหยออกไป (Luikov, 1966) โดยมีรูปแบบสมการทั่วไปคือ

$$\frac{\partial M}{\partial t} = \nabla^2 DM \qquad (2.4)$$

Crank (1975) ได้แก้สมการ (2.4) สำหรับหาความสัมพันธ์ของสมการอัตราการอบแห้งแบบชั้นบางของวัสดุกลมกลวง ดังสมการ (2.5)

$$\frac{\partial M}{\partial t} = \frac{1}{r^2}\frac{\partial}{\partial r}\left[r^2 D \frac{\partial M}{\partial r} \right] \qquad (2.5)$$

เมื่อนำสมการ (2.5) มาวิเคราะห์หาสมการทางคณิตศาสตร์ที่จะนำมาใช้กับวัสดุทรงกลมกลวงที่มีรัศมีภายใน $r_i = a$ และรัศมีภายนอก $r_o = b$ โดยสมมติว่ามีค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นคงที่ (D) และกำหนดเงื่อนไขเริ่มต้นและขอบเขตดังนี้

เมื่อกำหนดเงื่อนไขเริ่มต้นและขอบเขตดังนี้

$M(r) = M_{in}$ เมื่อ $t = 0$ และ $a \le r \le b$

$M(a) = M_{eq}$ และ $M(b) = M_{eq}$ เมื่อ $t > 0$

จะได้สมการจลนพลศาสตร์ของการอบแห้งสำหรับการแพร่ความชื้นเข้าและออกทรงกลมกลวงที่ $a \le r \le b$ ดังสมการ (2.6)

$$\overline{MR} = \left\{ \left(\frac{6}{\pi^2 (a^2 + ab + b^2)} \right) \sum_{n=1}^{\infty} \left[\left(\frac{b \cos n\pi - a}{n} \right)^2 \exp\left(\frac{-n^2 \pi^2 Dt}{(b-a)^2} \right) \right] \right\} \qquad (2.6)$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อ $\overline{MR}$ = อัตราส่วนความชื้นเฉลี่ย โดย $\overline{MR} = \frac{(M - M_{eq})}{(M_{in} - M_{eq})}$

M_{in} = ความชื้นเริ่มต้น, เศษส่วนมาตรฐานแห้ง

M_{eq} = ความชื้นสมดุล, เศษส่วนมาตรฐานแห้ง

D = ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้น, m^2/h

t = เวลาอบแห้ง , h

a, b = รัศมีภายในและภายนอกของวัสดุทรงกลมกลวงตามลำดับ, m

สำหรับสมการจลนพลศาสตร์ของวัสดุรูปทรงอื่นๆ แสดงดังตาราง 2.1

ตาราง 2.1 สมการจลนพลศาสตร์ของการอบแห้งวัสดุรูปทรงต่างๆ

รูปทรง	สมการ	ชื่อสมการ
ทรงสี่เหลี่ยมลูกบาศก์	$\overline{MR} = \left[\frac{8}{\pi^2}\right]^3 \sum_{i=0}^{\infty}\sum_{j=0}^{\infty}\sum_{k=0}^{\infty}\left[\frac{1}{(2i+1)^2}\frac{1}{(2j+1)^2}\frac{1}{(2k+1)^2}\right] \exp\left[-\left[\frac{(2i+1)^2}{I_x^2}+\frac{(2j+1)^2}{I_y^2}+\frac{(2k+1)^2}{I_z^2}\right]\pi^2 D_{eff}\, t\right]$ I คือ ระยะทางตามแนวแกน, m x,y,z คือ ทิศทางแนวแกนซึ่งตั้งฉากกันและกัน	(2.7)
ทรงกลม	$\overline{MR} = \left(\frac{6}{\pi^2}\right)\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{n^2}\exp\left(-n^2\pi^2 D_{eff}\, t/r^2\right)$	(2.8)
infinite slab	$\overline{MR} = \frac{8}{\pi^2}\sum_{n=0}^{\infty}\frac{1}{(2n+1)^2}\exp\left[-(2n+1)^2 D_{eff}\, t\left(\frac{\pi}{2l}\right)^2\right]$ l คือ ความหนาวัสดุ, m	(2.9)
infinite cylinder	$\overline{MR} = \sum_{n=1}^{\infty}\frac{4}{(\lambda_n r_o)^2}\exp\left[-(\lambda_n r_o)^2\left(\frac{D_{eff}\, t}{r_o^2}\right)\right]$ r_o คือ รัศมีทรงกระบอก, m	(2.10)
ทรงกระบอกสั้น	$\overline{MR} = \frac{32}{\pi^2}\sum_{m=0}^{\infty}\sum_{n-1}^{\infty}\left[\frac{1}{(2m+1)^2}\exp\left(-(2m+1)^2\pi^2\frac{D_{eff}\, t}{L^2}\right)\right]\left[\frac{1}{(\lambda_n r_o)^2}\exp\left(-(\lambda_n r_o)^2\left(\frac{D_{eff}\, t}{r_o^2}\right)\right)\right]$ L คือ ความยาวทรงกระบอก, m	(2.11)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นโดยรวม (Effective diffusion coefficient: D)

ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้น เป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญในสมการการอบแห้งทางทฤษฎีที่จะต้องนำมาใช้ในการจำลองสภาวะการอบแห้ง สำหรับค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นเป็นการเคลื่อนที่ของน้ำในช่วงอัตราการอบแห้งลดลง ซึ่งเป็นช่วงที่การถ่ายเทความร้อนไม่ได้เกิดเฉพาะที่ผิวนอกของวัสดุเท่านั้น แต่เกิดภายในผิวและเนื้อวัสดุด้วย ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้น ได้แก่ ชนิดของวัสดุที่ใช้ในการอบแห้ง อุณหภูมิของวัสดุซึ่งรูปแบบของสมการความสัมพันธ์ สมการ Arrhenius เป็นที่นิยมในการนำมาใช้ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นกับอุณหภูมิวัสดุ แสดงได้ดังสมการ (2.12)

$$D = D_0 \exp\left(\frac{-E_a}{RT_{abs}}\right) \tag{2.12}$$

เมื่อ D_0 = อาร์ริเนียสเฟกเตอร์, m^2 / h

E_a = พลังงานกระตุ้น, kJ / mol

ค่าความชื้นสมดุล (Equilibrium Moisture Content: M_{eq})

เมื่อทำการอบแห้งวัสดุ โดยใช้อากาศที่สภาวะคงที่ ความชื้นของวัสดุจะลดต่ำจนถึงจุด ๆ หนึ่ง ซึ่งวัสดุจะมีความชื้นคงที่ โดยที่ความชื้นของวัสดุในขณะนั้นจะมีความดันไอเท่ากับความดันไอของอากาศที่อยู่รอบๆ และอุณหภูมิของวัสดุจะเท่ากับอุณหภูมิของอากาศรอบ ๆ เรียกความชื้นค่านี้ว่า ความชื้นสมดุล ค่าความชื้นสมดุลนี้ขึ้นกับอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศและชนิดของวัสดุ

วิธีการหาความชื้นสมดุล การหาความชื้นสมดุลของวัสดุมีหลักการที่สำคัญ คือการปล่อยให้วัสดุสัมผัสกับอากาศแวดล้อมเป็นระยะเวลานานพอที่จะทำให้ความชื้นวัสดุไม่เปลี่ยนแปลงอีกในสภาวะอากาศนั้นๆ ซึ่งวิธีการพาความชื้นสมดุล แบ่งออกเป็น วิธีเชิงสถิตย์ และวิธีเชิงจลน์

ในการวิเคราะห์ความชื้นสมดุลของลำไยแบบคว้านเมล็ดออกได้เลือกใช้สมการ (2.13) โดย Achariyaviriya (2001) ทำการทดลองหาความชื้นสมดุลของลำไย พิจารณาในส่วนของความชื้นสมดุลของเนื้อ เปลือกและเม็ดของลำไย ที่อุณหภูมิลมร้อนและความชื้นสัมพัทธ์ต่างๆ จากผลการทดลองหาความชื้นสมดุลของเนื้อลำไยและเปลือกลำไย พบว่า ความชื้นสมดุลของเนื้อและ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เปลือกลำไย มีค่าใกล้เคียงกันมากดังนั้นจึงเลือกใช้สมการความชื้นของเนื้อลำไย ตามรูปแบบสมการของ Oswin (1946) ซึ่งมีรูปแบบสมการ (2.13)

$$M_{eq} = 0.2208[RH/(1-RH)]^{(0.7052-0.0010T)} \quad (2.13)$$

เมื่อ RH = ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ, ทศนิยม

T = อุณหภูมิ, ^{o}C

2. สมการจลนพลศาสตร์ของการอบแห้งกึ่งทฤษฎี

(Semi-Theoretical Drying Kinetic Equation)

สมการจลนพลศาสตร์ของการอบแห้งกึ่งทฤษฎี สามารถสร้างสมการง่าย ๆ โดยการสมมติอัตราการอบแห้งภายใต้สภาวะคงที่แปรผันเป็นสัดส่วนโดยตรงกับผลต่างของความชื้นของผลิตภัณฑ์และความชื้นสมดุล ข้อสมมุติฐานดังกล่าวคล้ายกับกฎการเย็นตัวของ Newton

$$\frac{dM}{dt} = -k\left(M - M_{eq}\right) \quad (2.14)$$

เมื่อกำหนดให้เงื่อนไขเริ่มต้น $M(0) = M_{in}$ และ $M(t) = M$ โดยการอินทิเกรตสมการที่ (2.14) จะได้

$$\int_{M_{in}}^{M_{(t)}} \frac{1}{M - M_{eq}} dM = -\int_{0}^{t} kdt \quad (2.15)$$

$$\ln\left(\frac{M_{(t)} - M_{eq}}{M_{in} - M_{eq}}\right) = -kt \quad (2.16)$$

และเมื่อแทนค่า $\overline{MR} = \left(\frac{M_{(t)} - M_{eq}}{M_{in} - M_{eq}}\right)$ ลงในสมการที่ (2.16) จะได้

$$\overline{MR} = \exp\left(-kt\right) \quad (2.17)$$

ค่าคงที่ของการอบแห้ง (k) เป็นคุณสมบัติเฉพาะของผลิตภัณฑ์หนึ่งๆ ภายในช่วงสภาวะอากาศอบแห้งและวัสดุอบแห้งที่ทำการทดลองเท่านั้น สมการกึ่งทฤษฎีนี้จะสามารถใช้ได้ดีต่อเมื่อวัสดุอบแห้งมีลักษณะใกล้เคียงกับการทดลองเท่านั้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3. สมการการอบแห้งเอมไพริเคิล (Empirical Drying Equation)

สมการจลนพลศาสตร์ของการอบแห้งเอมไพริคัล คือ สมการที่สร้างจากแนวโน้มข้อมูลการทดลองสำหรับผลิตภัณฑ์ในช่วงอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วของอากาศอบแห้งหนึ่ง ๆ ซึ่งพบว่าสามารถใช้ทำนายอัตราการอบแห้งได้ดี แต่มีข้อจำกัดในเรื่องเงื่อนไขการอบแห้งที่ต้องการตรงกับสภาวะทดลอง สำหรับสมการจลนศาสตร์ของการอบแห้งเอมไพริเคิลที่นิยมใช้ คือ สมการของ Page (1949) มีรูปแบบสมการ คือ

$$\overline{MR} = \exp(-pt^{n}) \tag{2.18}$$

2.1.3 พารามิเตอร์ที่สำคัญของการอบแห้ง

พารามิเตอร์ของการอบแห้งหรือสมบัติของวัสดุอบแห้งนั้นมีความสำคัญ โดยเป็นส่วนหนึ่งของการคำนวณ ออกแบบระบบอบแห้งและการหาสภาวะที่เหมาะสมของการอบแห้ง

1. ค่าความชื้นในวัสดุทางการเกษตร

ความชื้นเป็นตัวบอกปริมาณน้ำที่มีอยู่ในวัสดุเมื่อเทียบกับมวลของวัสดุชื้นหรือแห้ง ความชื้นในวัสดุสามารถแสดงได้เป็น 2 แบบ คือ

ความชื้นมาตรฐานเปียก (M_w)

$$M_w = \frac{w - d}{w} \tag{2.19}$$

เมื่อ M_w = ความชื้นมาตรฐานเปียก, เศษส่วน

w = มวลของวัสดุ, kg

d = มวลของวัสดุแห้ง (ไม่มีความชื้น), kg

ความชื้นแบบนี้นิยมใช้ในวงการค้า โดยทั่ว ๆ ไปจะอ้างอยู่ในรูปของเปอร์เซ็นต์

ความชื้นมาตรฐานแห้ง (M_d)

$$M_d = \frac{w - d}{d} \tag{2.20}$$

เมื่อ M_d = ความชื้นมาตรฐานแห้ง, เศษส่วน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความชื้นแบบนี้นิยมใช้ในการวิเคราะห์กระบวนการอบแห้ง เพราะมวลของวัสดุแห้งจะมีค่าคงที่หรือเกือบคงที่ระหว่างการอบแห้ง

วิธีการหาความชื้นในเมล็ดพืชและอาหาร อาจแบ่งได้ 2 วิธีคือ วิธีตรงและวิธีอ้อม

- วิธีการหาความชื้นโดยตรงมีหลายวิธี เช่น การใช้ตู้อบ การกลั่น การใช้สารดูดความชื้นในห้องสุญญากาศ เป็นต้น วิธีตรงเป็นวิธีที่ใช้เวลา แต่มีความถูกต้องสูง สามารถใช้อ้างอิงได้
- วิธีการหาความชื้นโดยอ้อม อาจทำโดยการวัดคุณสมบัติบางอย่างซึ่งขึ้นอยู่กับความชื้น เช่น ความต้านทานทางไฟฟ้า หรือคุณสมบัติทางไดอิเล็กทริก (Dielectric) วิธีนี้เป็นวิธีที่สามารถทำได้รวดเร็ว ข้อเสียคือ ความชื้นที่หาได้อาจไม่ถูกต้องนัก แต่ก็เป็นที่ยอมรับกันในวงการค้าทั่วไป เนื่องจากทำได้รวดเร็ว ไม่ต้องรอเป็นเวลาหลายชั่วโมง ดังเช่นกรณีการใช้ตู้อบ

2. คุณสมบัติของอากาศชื้น

ในการอบแห้งจะใช้อากาศเป็นตัวกลางในการอบแห้งวัสดุทั่ว ๆ ไป โดยการผ่านอากาศไปที่วัสดุที่ต้องการทำให้แห้ง ซึ่งอากาศชื้น จะประกอบด้วยอากาศแห้ง และไอน้ำ แม้ว่าปริมาณโดยมวลของไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศจะมีน้อยกว่า 10 % ของมวลทั้งหมด แต่โมเลกุลของไอน้ำมีผลอย่างมากต่อกระบวนการอบแห้ง ซึ่งได้มีการกำหนดตัวแปรที่แสดงคุณสมบัติของอากาศชื้น ดังนี้

อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (Dry-bulb temperature : T)

อุณหภูมิกระเปาะแห้ง คือ อุณหภูมิของอากาศชื้นที่ชี้บอกโดยเทอร์โมมิเตอร์ทั่วไป

อุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet-bulb temperature : T_{wb})

อุณหภูมิกระเปาะเปียก คือ อุณหภูมิของอากาศชื้นที่ชี้บอกโดยเทอร์โมมิเตอร์ที่กระเปาะถูกหุ้มด้วยผ้ากอสเปียก และมีลมเป่าผ่านกระเปาะด้วยความเร็วอย่างน้อย 4.6 m/s

เอนทัลปี (Enthalpy : h)

เอนทัลปี คือ ค่าปริมาณความร้อนของอากาศชื้นต่อหนึ่งหน่วยมวลอากาศแห้ง ที่สูงกว่าค่าที่อุณหภูมิอ้างอิงที่กำหนดขึ้น ในทางปฏิบัติมักใช้อุณหภูมิอ้างอิงของทั้งน้ำและอากาศเท่ากับ 0 $^{\circ}$C

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity : RH)

ความชื้นสัมพัทธ์ คือ อัตราส่วนของเศษส่วนเชิงโมล (Mole fraction) หรือความดันไอของไอน้ำในอากาศต่อเศษส่วนเชิงโมลหรือความดันไอของไอน้ำในอากาศอิ่มตัวที่อุณหภูมิ และความดันบรรยากาศเดียวกันความชื้นสัมพัทธ์จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0-1 ดังสมการ

$$RH = P_v/P_{vs} \tag{2.21}$$

เมื่อ P_v และ P_{vs} = ความดันไอและความดันไออิ่มตัวตามลำดับ, kPa

ความดันไอ (Vapor pressure: P_v)

ความดันไอ คือ ส่วนของความดันย่อย (Partial pressure) ที่กระทำโดยโมเลกุลของไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศชื้น ถ้าอากาศนี้อิ่มตัวด้วยไอน้ำ จะเรียกว่าความดันไออิ่มตัว (Saturated vapor pressure: P_{vs}) ค่าความดันไออิ่มตัวจะขึ้นกับอุณหภูมิ สำหรับความดันไออิ่มตัว ดังสมการ

$$P_{vs} = \exp\left[\ 24.2779 - \frac{6238.64}{(T + 273.16)} - 0.344438\ \ln(T + 273.16)\right] \tag{2.22}$$

เมื่อ $-40\ ^{o}C \leq T \leq 0\ ^{o}C$

$$P_{vs} = \exp\ [\ (-7511.52 / (T+273.15)) + 89.63121 + (0.02399897\ (T+273.15)) - (1.1654551 \times 10^{-5}\ (T+273.15)^{2}) - (1.2810336 \times 10^{-8}\ (T+273.15)^{3}) + (2.0998405 \times 10^{-11}\ (T+273.15)^{4}) - (12.150799\ \ln (T+273.15)\ ] \tag{2.23}$$

เมื่อ $0\ ^{o}C \leq T \leq 120\ ^{o}C$

สำหรับความดันไอ สามารถหาได้จากสมการของก๊าซสมบูรณ์ ดังสมการ

$$P_v = 162.9306W/(1-1.608W) \tag{2.24}$$

เมื่อ W = อัตราส่วนความชื้น, $kg_{water}/kg_{dry\ air}$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อัตราส่วนความชื้น (Humidity ratio: W)

อัตราส่วนความชื้น คือ มวลของไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศแห้งหนึ่งหน่วยมวล จากกฎของก๊าซสมบูรณ์ ดังสมการ

$$W = \frac{(2501 - 2.411\,T_{wb})W^{*}_{wb} - 1.006(T - T_{wb})}{2501 + 1.775\,T - 4.186\,T_{wb}} \qquad (2.25)$$

เมื่อ T_{wb} = อุณหภูมิกระเปาะเปียก , ^{o}C

W^{*}_{wb} = อัตราส่วนความชื้นกระเปาะเปียก, $kg_{water}/kg_{dry\ air}$

อัตราส่วนความชื้นที่อุณหภูมิกระเปาะเปียก (W^{*}_{wb}) คือ อัตราส่วนของมวลไอน้ำที่อยู่ในอากาศต่อมวลอากาศที่แห้งสนิทที่อุณหภูมิกระเปาะเปียก ดังสมการ

$$W^{*}_{wb} = 0.6218 * P_{vs}/(P - P_{vs}) \qquad (2.26)$$

เมื่อ P = ความดันบรรยากาศเท่ากับ 101.325 kPa

2.1.4 กระบวนการต่าง ๆ บนแผนภูมิอากาศชื้น

กระบวนการทำร้อนและเย็น ในกระบวนการอบแห้งจะพบว่าอากาศชื้นที่ไหลผ่านพัดลม อากาศชื้นที่ไหลผ่านแหล่งให้ความร้อน (Heater) และความชื้นก่อนเข้าห้องอบแห้ง จะไม่มีการรับเอาความชื้นเข้ามาหรือสูญเสียความชื้นออก ดังนั้นมวลของไอน้ำในอากาศแห้งหนึ่งหน่วยมวลหรือค่าของอัตราส่วนความชื้นของอากาศจะมีค่าคงที่

กระบวนการอบแห้ง อากาศชื้นที่ไหลเข้าห้องอบแห้งจะมีการถ่ายเทความร้อนและความชื้นกับวัสดุ พบว่าอากาศชื้นจะมีอุณหภูมิลดลงและมีค่าอัตราส่วนความชื้นของอากาศมีค่าสูงขึ้น ในขณะที่การเปลี่ยนแปลงเอนทัลปีของอากาศชื้นมีค่าน้อยมาก โดยถ้ามีการหุ้มฉนวนที่ผนังห้องอบแห้งเป็นอย่างดี ไม่มีการอัดอากาศเข้าไปในห้องอบแห้งทำให้อากาศไม่ยุบตัว และอุณหภูมิเริ่มต้นของวัสดุและเครื่องอบแห้งเท่ากับอุณหภูมิอบแห้ง จะสามารถกล่าวได้ว่าการเปลี่ยนแปลงเอนทัลปีของอากาศชื้นที่เกิดขึ้นที่ห้องอบแห้งมีค่าเท่ากับศูนย์

กระบวนการผสมกระแสอากาศ 2 กระแส เนื่องจากในงานวิจัยนี้ได้พิจารณาเครื่องอบแห้งแบบที่มีการนำอากาศที่ใช้แล้วนำกลับมาใช้อีก ดังนั้นอากาศที่ไหลกลับเข้ามาทางท่อนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ใหม่ จะผสมกับอากาศแวดล้อมทำให้คุณสมบัติของอากาศชื้นมีการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เปลี่ยนแปลง ในการคำนวณหาคุณสมบัติของอากาศผสมที่เกิดจากการผสมกันของอากาศชื้น 2 กระแส สามารถพิจารณาได้จากกฎทรงมวลและพลังงาน แสดงดังรูป 2.2

สมดุลมวลอากาศแห้ง

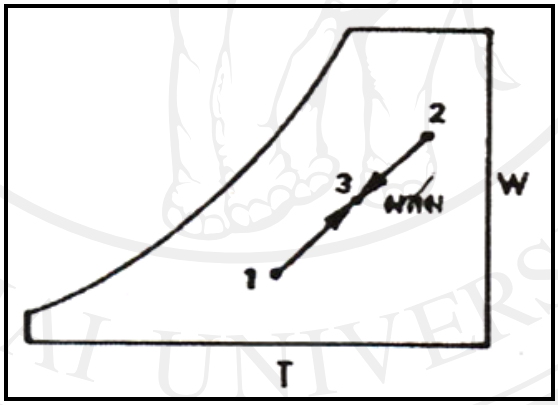
$$m_{a1} + m_{a2} = m_{a3} \tag{2.27}$$

สมดุลมวลไอน้ำ

$$m_{a1}W_1 + m_{a2}W_2 = m_{a3}W_3 \tag{2.28}$$

สมดุลพลังงาน โดยสมมุติให้ไม่มีการสูญเสียความร้อนของอากาศขณะที่ผสมกัน ทำให้การเปลี่ยนแปลงเอนทัลปีของกระแสอากาศมีค่าเป็นศูนย์ ดังนั้นจะได้

$$m_{a1}h_1 + m_{a2}h_2 = m_{a3}h_3 \tag{2.29}$$



รูป 2.2 กระบวนการผสมของกระแสอากาศชื้นสองกระแสบนแผนภูมิอากาศชื้น
ที่มา: (สมชาติ โสภณรณฤทธิ์, 2540)

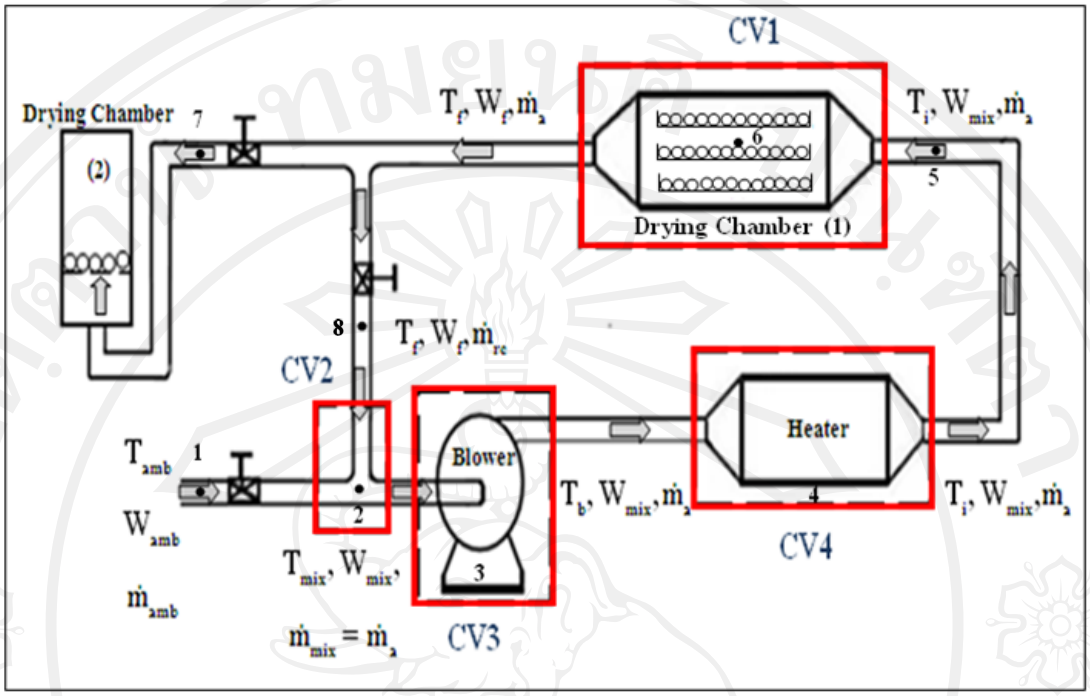
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2 การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการอบแห้งด้วยลมร้อน

แบบจำลองของการอบแห้งลำไยที่จะพัฒนานี้ เป็นแบบจำลองการอบแห้งแบบใกล้สมดุล และในการพัฒนาแบบจำลองการอบแห้งนี้ประกอบด้วย 3 แบบจำลอง คือ แบบจำลองของห้องอบแห้ง (CV1) แบบจำลองการผสมกันของกระแสอากาศชื้น (CV2) และแบบจำลองความสิ้นเปลืองพลังงาน (CV3 และ CV4)

โดยแผนภาพเครื่องอบแห้งที่ได้ใช้ในวิจัยนี้แสดงดังรูป 2.3 เป็นเครื่องอบแห้งลมร้อนที่มีการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ใหม่ โดยมีหลักการทำงานคือ ที่เวลาเริ่มต้นอากาศสิ่งแวดล้อมซึ่งเป็นอากาศชื้นไหลเข้าเครื่องอบแห้งที่ตำแหน่ง 1 อากาศจะไหลผ่านพัดลมที่สามารถปรับอัตราการไหลของอากาศได้ที่ตำแหน่ง 3 อากาศที่ไหลผ่านพัดลมจะมีอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงเล็กน้อย แต่อัตราส่วนความชื้นของอากาศคงที่ จากนั้นอากาศ จะไหลผ่านเครื่องอุ่นอากาศร้อน เพื่อทำให้อากาศมีอุณหภูมิสูงขึ้นจนถึงอุณหภูมิที่ต้องการที่ตำแหน่ง 4 อากาศร้อนที่ได้จะไหลเข้าห้องอบแห้งที่ตำแหน่ง 5 อากาศที่ไหลผ่านลำไยจะนำความชื้นของอากาศออกมาด้วย ในกรณีที่ไม่มีการนำอากาศร้อนกลับมาใช้ใหม่อากาศที่ผ่านลำไยจะถูกปล่อยสู่อากาศทั้งหมดที่ตำแหน่ง 7 แต่กรณีที่มีการนำอากาศกลับมาใช้ใหม่จะนำอากาศที่ร้อนวนกลับ มาผสมกับอากาศแวดล้อมตามสัดส่วนที่ต้องการที่ตำแหน่ง 8 และอีกส่วนจะถูกปล่อยที่สู่อากาศที่ตำแหน่ง 7 หลังจากนั้นอากาศจะไหลมาผสมกับอากาศจากทางเข้าของอากาศแวดล้อมที่ตำแหน่งที่ 2 ในการผสมอากาศทำให้อัตราส่วนความชื้นของอากาศที่ได้เท่ากับอัตราส่วนความชื้นของอากาศผสม แล้วอากาศผสมก็ไหลผ่านเข้าพัดลม เครื่องอุ่นอากาศร้อน และห้องอบแห้ง ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 2.3 เครื่องอบแห้งลมร้อนที่มีการนำความร้อนกลับมาใช้ใหม่

การพัฒนาแบบจำลองการอบแห้งลำไยคว้านเมล็ดด้วยแบบจำลองใกล้สมดุล ซึ่งแบ่งเป็นแบบจำลองย่อย คือ

2.2.1 แบบจำลองห้องอบแห้ง (CV1)

แบบจำลองการอบแห้งที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้เป็นแบบจำลองแบบใกล้สมดุลซึ่งมีสมมติฐานดังต่อไปนี้

1. อุณหภูมิเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์และเครื่องอบแห้งเท่ากับอุณหภูมิอบแห้ง
2. ไม่พิจารณาความแตกต่างของอุณหภูมิในวัสดุและการเปลี่ยนแปลงพลังงานภายในวัสดุ
3. การถ่ายเทความร้อนจากวัสดุเป็นแบบการนำความร้อนเท่านั้น
4. ไม่มีสมดุลทางความชื้นระหว่างอากาศชื้นและวัสดุ
5. ไม่มีการอัดตัวของอากาศชื้น
6. ไม่มีการนำความร้อนระหว่างวัสดุ
7. มีการหุ้มฉนวนที่ผนังเครื่องอบแห้งอย่างดี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พิจารณาที่ CV1 ของชั้นอบแห้งใด ๆ แล้วใช้สมดุลมวลที่ปริมาตรควบคุมของชั้นอบแห้งนั้น ๆ จะได้ว่ามวลของน้ำที่เพิ่มขึ้นในอากาศชื้นเท่ากับมวลของน้ำที่ระเหยออกจากวัสดุ สามารถเขียนได้ดังสมการ (2.30)

$$\dot{m}_{mix}\Delta t\left(W_f - W_{mix}\right) = m_p\left(M_i - M_f\right) \tag{2.30}$$

หรือเขียนได้ว่า

$$W_f = \left[\frac{\left(M_i - M_f\right)m_p}{\dot{m}_{mix}\Delta t}\right] + W_{mix} \tag{2.31}$$

เมื่อทำสมดุลพลังงานที่ปริมาตรควบคุมที่ 1 โดยที่มีการหุ้มฉนวนที่ผนังห้องอบแห้งอย่างดี ไม่มีการอัดอากาศเข้าที่ห้องอบแห้ง ทำให้ไม่มีการยุบตัวของอากาศ และอุณหภูมิเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์และเครื่องอบแห้งเท่ากับอุณหภูมิอบแห้ง จะได้ว่าผลรวมของการเปลี่ยนแปลงเอนทัลปีของลมร้อนแห้งและการเปลี่ยนแปลงเอนทัลปีของไอน้ำในลมร้อนมีค่าเท่ากับศูนย์ ซึ่งเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\left(\dot{m}_{mix}C_aT_i\right)+\left(\dot{m}_{mix}W_{mix}h_{fg}\right)+\left(\dot{m}_{mix}W_{mix}C_vT_i\right)=\left(\dot{m}_{mix}C_aT_f\right)+\left(\dot{m}_{mix}W_fh_{fg}\right)+\left(\dot{m}_{mix}W_fC_vT_f\right) \tag{2.32}$$

หรือเขียนได้ว่า

$$T_f = \frac{\left[C_aT_i + W_{mix}\left(h_{fg} + C_vT_i\right) - W_fh_{fg}\right]}{\left(C_a + C_vh_{fg}\right)} \tag{2.33}$$

เมื่อ M_i = ความชื้นของลำไยที่เวลาก่อน, เศษส่วนมาตรฐานแห้ง

M_f = ความชื้นของลำไยที่เวลาถัดมา, เศษส่วนมาตรฐานแห้ง

W_{mix} = อัตราส่วนความชื้นของอากาศผสมที่เข้าห้องอบแห้ง, $kg_{water}/kg_{dry\text{-}air}$

W_f = อัตราส่วนความชื้นของอากาศที่ออกจากห้องอบแห้ง, $kg_{water}/kg_{dry\text{-}air}$

T = อุณหภูมิของอากาศ, $^{\circ}C$

C = ความจุความร้อนจำเพาะของอากาศ, $kJ/kg_{dry\text{-}air}.^{\circ}C$

m_p = มวลวัสดุแห้ง, $kg_{dry\ mass}$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Δt = ช่วงเวลาสั้นๆ, h

สัญลักษณ์กำกับล่าง

i, f = ก่อนเข้าและหลังเข้าห้องอบแห้งตามลำดับ

a, v = อากาศแห้งและไอน้ำตามลำดับ

การคำนวณความชื้นเฉลี่ยของลำไยอบแห้งที่เวลาใดๆ หาจากสมการจลนศาสตร์ของการอบแห้งทางทฤษฎีสำหรับวัสดุทรงกลมกลวงดังสมการ (2.6) ทำการหาอนุพันธ์เทียบกับเวลาและใช้วิธี Finite Difference ได้ความชื้นเฉลี่ยของลำไยหลังการอบแห้งที่เวลาใดๆ สามารถคำนวณได้ดังสมการ (2.34)

$$M_f = M_i + \left(M_{in} - M_{eq}\right)(\Delta t)\left(\frac{6}{a^2 + ab + b^2}\right)\left(\frac{D}{(b-a)^2}\right)\left\{\sum_{n=1}^{\infty}\left(b\cos n\pi - a\right)^2 \exp\left(\frac{Dn^2\pi^2 t}{(b-a)^2}\right)\right\} \quad (2.34)$$

เมื่อ n = จำนวนเทอมที่ใช้ในการพิจารณา

ในกรณีใช้สมการจลนพลศาสตร์ของการอบแห้งกึ่งทฤษฎี ดังสมการที่ (2.17) เมื่อทำการวิเคราะห์ด้วยวิธี Finite Difference จะได้ว่า

$$M_f = M_i + (M_{in} - M_{eq})(\Delta t)(-k)\exp(-kt) \quad (2.35)$$

2.2.2 แบบจำลองการผสมกันของกระแสอากาศชื้น (CV2)

เป็นแบบจำลองการผสมกันของอากาศชื้น เนื่องจากมีการนำอากาศที่ใช้อบแห้งแล้วกลับมาใช้อีก ทำให้เกิดการผสมกันของกระแสอากาศที่นำกลับมาใช้ใหม่กับอากาศแวดล้อม จากรูป 2.3 เมื่อทำการพิจารณาที่ CV2 แล้วใช้สมดุลมวลอากาศแห้งและสมดุลมวลไอน้ำที่ CV2 ดังสมการ (2.36) และ (2.37)

$$\dot{m}_{rc} + \dot{m}_{amb} = \dot{m}_{mix} \quad (2.36)$$

$$\dot{m}_{rc} W_f + \dot{m}_{amb} W_{amb} = \dot{m}_{mix} W_{mix} \quad (2.37)$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อ $\dot{m}$ = อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ, $kg_{dry\text{-}air}/h$

สัญลักษณ์กำกับล่าง

rc = อากาศที่นำกลับมาใช้ใหม่

amb = อากาศแวดล้อม

จากสมการ (2.35) และ (2.36) จะได้ว่า

$$W_{mix} = (RC)W_f + [(1\text{-}RC)W_{amb}] \tag{2.38}$$

เมื่อ RC = สัดส่วนของการนำอากาศที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ มีค่าเท่ากับ $\dot{m}_{rc}/\dot{m}_{mix}$

2.2.3 แบบจำลองความสิ้นเปลืองพลังงาน

แบบจำลองความสิ้นเปลืองพลังงาน เนื่องจากเครื่องอบแห้งที่ใช้งานวิจัยนี้ใช้ในพลังงานไฟฟ้าเป็นแหล่งให้พลังงานแก่พัดลม และพลังงานความร้อนจาก Heater ดังนั้นในแบบจำลองความสิ้นเปลืองพลังงานนี้จึงประกอบไปด้วยแบบจำลองความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าและแบบจำลองความสิ้นเปลืองพลังงานความร้อน

แบบจำลองความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า (CV3)

โดยเมื่อพิจารณาที่ CV3 (Blower) และใช้หลักสมดุลพลังงานที่ CV3 จะได้ว่า

$$W_s + (\dot{m}_{mix}C_aT_{mix}) + (\dot{m}_{mix}W_{mix}h_{fg}) + (\dot{m}_{mix}W_{mix}C_vT_{mix}) = (\dot{m}_{mix}C_aT_b) + (\dot{m}_{mix}W_{mix}h_{fg}) + (\dot{m}_{mix}W_{mix}C_vT_b) \tag{2.39}$$

เมื่อ T_b = อุณหภูมิของอากาศที่ออกมาจากพัดลม, °C

W_s = งานทางไฟฟ้าที่ให้ที่เพลาของพัดลม, kJ / h

$\dot{m}_{mix}$ = อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศผสม, $kg_{dry\text{-}air}/hr$

$$W_s = \Delta P\left[\frac{\dot{m}_{mix}}{\rho_a \eta_f}\right] \tag{2.40}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อ ρ_a = ความหนาแน่นของอากาศแห้ง, $kg_{dry\ air} / m^3$

η_f = ประสิทธิภาพของพัดลม, เศษส่วน

ΔP = ความดันลดลงของระบบอบแห้ง, kPa

สำหรับความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าที่ต้องให้มอเตอร์ของพัดลมคำนวณได้จากสมการ

$$E_{blower} = \frac{W_s}{\eta_m} \tag{2.41}$$

หรือ

$$E_{blower} = \Delta P\left[\frac{\dot{m}_{mix}}{\rho_a \eta_f \eta_m}\right] \tag{2.42}$$

เมื่อ E_{blower} = ความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าที่ให้มอเตอร์ของพัดลม, kJ / h

η_m = ประสิทธิภาพของมอเตอร์ไฟฟ้า, เศษส่วน

แบบจำลองความสิ้นเปลืองพลังงานความร้อน (CV4)

โดยเมื่อทำการพิจารณา CV4 (Heater) และใช้หลักสมดุลพลังงานที่ CV4 จะได้ว่า

$$Q_h + (\dot{m}_{mix} C_a T_b) + (\dot{m}_{mix} W_{mix} h_{fg}) + (\dot{m}_{mix} W_{mix} C_v T_b) = (\dot{m}_{mix} C_a T_i) + (\dot{m}_{mix} W_{mix} h_{fg}) + (\dot{m}_{mix} W_{mix} C_v T_i) \tag{2.43}$$

เมื่อ Q_h = ความสิ้นเปลืองพลังงานความร้อน, kJ / h

นอกจากนี้จะพิจารณาหาความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption, SEC) ซึ่งเป็นปริมาณของพลังงานที่ใช้ต่อหนึ่งหน่วยมวลของน้ำที่ระเหยออกจากวัสดุ โดยหาจากสมการ

$$SEC = \frac{\sum\left[(2.6E_{blower} + Q_h)\Delta t\right]}{(M_i - M_f)m_p} \tag{2.44}$$

เมื่อ SEC = ค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ, kJ/kg_{water}

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.3 มาตรฐานเนื้อลำไยสดอบแห้ง

มาตรฐานของเนื้อลำไยสดอบแห้งตามมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกอช. 8-2549) ได้กำหนดมาตรฐานเนื้อลำไยสดอบแห้ง ด้านคุณภาพดังนี้

ด้านคุณภาพ

1. คุณภาพทั่วไป

เนื้อลำไยสดอบแห้งทุกชั้นคุณภาพ มีสีเหลืองตั้งแต่สีเหลืองอ่อน เหลืองทอง จนถึงเหลืองทองเข้ม ในบรรจุภัณฑ์เดียวกันต้องมีสีสม่ำเสมอ มีกลิ่นรสและเนื้อสัมผัสตามลักษณะของผลิตภัณฑ์ มีลักษณะแห้ง ไม่เหนียวติดมือ ไม่มีรสเปรี้ยว มีกลิ่นหอมเฉพาะตัวของเนื้อลำไยสดอบแห้ง ไม่มีกลิ่นแปลกปลอม รสชาติไม่ผิดปกติ และไม่มีสิ่งแปลกปลอม เช่น แมลง ชิ้นส่วนของแมลง ขนสัตว์ ดิน ทราย เศษโลหะ

2. คุณลักษณะทางเคมี

ลำไยอบแห้งทั้งเปลือกทุกชั้นคุณภาพให้เป็นไปตามข้อกำหนด ดังนี้

- ความชื้น ไม่ต่ำกว่า 12%db. และไม่เกิน 18 %db.
- วอเตอร์แอกติวิตีของเนื้อลำไย ไม่เกิน 0.6
- ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (Total soluble solids) ของเนื้อลำไย ไม่ต่ำกว่า 80 °Brix
- ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ไม่ต่ำกว่า 6.2

3. ชั้นคุณภาพ

เนื้อลำไยสดอบแห้งตามมาตรฐานนี้ แบ่งเป็น 3 ชั้นคุณภาพ ดังนี้

- ชั้นหนึ่ง (Class I)
- ชั้นสอง (Class II)
- ชั้นสาม (Class III)

การแบ่งชั้นคุณภาพเนื้อลำไยสดอบแห้งพิจารณาตามคุณลักษณะทางกายภาพในตาราง 2.2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.2 คุณลักษณะทางกายภาพของเนื้อลำไยสดอบแห้งแต่ละชั้นคุณภาพ

ปัจจัยคุณภาพ	คุณลักษณะที่ต้องการ		
	ชั้นหนึ่ง	ชั้นสอง	ชั้นสาม
ความหนาของเนื้อ	หนาไม่น้อยกว่า 2 mm	หนาน้อยกว่า 2 mm	หนาน้อยกว่า 2 mm
ความสม่ำเสมอของขนาดเนื้อลำไยอบแห้ง	สม่ำเสมอ มีความแตกต่างจากขนาดเนื้อลำไยอบแห้งที่ระบุในทางการค้าไม่เกิน 1% โดยจำนวนหรือน้ำหนักของเนื้อลำไยสดอบแห้ง	ค่อนข้างสม่ำเสมอ มีความแตกต่างจากขนาดเนื้อลำไยอบแห้งที่ระบุในทางการค้าไม่เกิน 10% โดยจำนวนหรือน้ำหนักของเนื้อลำไยสดอบแห้ง	ไม่สม่ำเสมอ มีความแตกต่างจากขนาดเนื้อลำไยอบแห้งที่ระบุในทางการค้าไม่เกิน 10% โดยจำนวนหรือน้ำหนักของเนื้อลำไยสดอบแห้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved