บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

2.1 หลักการอบแห้ง

หลักการอบแห้งของผักและผลไม้ เป็นส่วนหนึ่งของสาขาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว มีจุดประสงค์เพื่อยืดอายุการบริโภคของผลิตผล ทำให้สามารถเก็บรักษาผลิตผลได้เป็นระยะเวลานาน ๆ โดยการลดปัจจัยความเสี่ยงของการเกิดเชื้อราซึ่งเป็นอันตรายต่อสุขภาพ (สถาบันอาหาร , 2541) การอบแห้งวัสดุจึงนับเป็นเทคโนโลยีที่สำคัญ เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ผลิตและส่งออกสินค้าเกษตรเป็นจำนวนมาก ทั้งพืชและในรูปผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ฉะนั้นการอบแห้งเป็นกระบวนการหนึ่งในการแปรรูปสินค้าเกษตรซึ่งปัจจุบันมีบทบาทอย่างมากต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ กล่าวคือ ทำให้มูลค่าของสินค้าเพิ่มขึ้น ช่วยให้มีการเก็บรักษาสินค้าเกษตรไว้ได้นานยิ่งขึ้นและช่วยลดการเปลี่ยนแปลงราคาสินค้าตามฤดูกาล เนื่องจากสินค้าเกษตรเน่าเสียง่ายและผลิตได้ตามฤดูกาล ทำให้ค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าเกษตรลดลงเพราะสินค้าเกษตรกินเนื้อที่มาก ทำให้ค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าเกษตรซึ่งเป็นต้นทุนการตลาดชนิดหนึ่งสูงไปด้วย (ดุษฎี, 2539)

การอบแห้งวัสดุโดยทั่วไปนั้น ใช้อากาศแห้งเป็นตัวกลางในการอบแห้ง ความร้อนจะถ่ายเทจากกระแสอากาศไปยังผิววัสดุ พร้อมๆ กับการถ่ายเทมวลจากวัสดุไปยังอากาศ ความร้อนจากอากาศที่วัสดุได้รับนั้นจะเป็นตัวทำให้น้ำในวัสดุระเหย ซึ่งวัสดุที่เป็นสิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่มีโครงสร้างภายในเป็นรูพรุน ถ้าผิววัสดุมีปริมาณน้ำอยู่เป็นจำนวนมาก อุณหภูมิและความเข้มข้นของไอน้ำที่ผิววัสดุจะคงที่ ซึ่งถ้าอุณหภูมิ ความชื้น และความเร็วของกระแสอากาศมีค่าคงที่ จะส่งผลให้อัตราการถ่ายเทความร้อนและอัตราการอบแห้งคงที่ เมื่อผิววัสดุมีปริมาณน้ำลดลงมากอุณหภูมิและความเข้มข้นของไอน้ำที่ผิววัสดุย่อมเปลี่ยนแปลง โดยอุณหภูมิของวัสดุจะเริ่มสูงขึ้นและความเข้มข้นของไอน้ำที่ผิววัสดุจะลดลง ส่งผลให้อัตราการถ่ายเทความร้อนและอัตราการอบแห้งลดลง ความชื้นของวัสดุในขณะที่อัตราการอบแห้งเริ่มเปลี่ยนแปลงจากอัตราการอบแห้งคงที่ไปเป็นอัตราการอบแห้งลดลง เรียกว่า ความชื้นวิกฤต (สมชาติ , 2535)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

2.1.1 ช่วงอัตราการอบแห้งคงที่

ช่วงอัตราการอบแห้งคงที่จะเป็นการถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวล ระหว่างวัสดุและอากาศ จะมีลักษณะเหมือนกับการถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวล ที่เกิดขึ้นที่บริเวณกระเปาะเปียกของเทอร์โมมิเตอร์ คือการถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวลจะเกิดขึ้นที่ผิวนอกของวัสดุเท่านั้น น้ำจะเกาะอยู่ที่บริเวณผิวของวัสดุจำนวนมาก เมื่อเพิ่มความเร็วลมที่ไหลผ่านวัสดุจะทำให้ฟิล์มอากาศนิ่งมีความหนาลดลง เป็นผลให้ความต้านทานต่อการไหลของความร้อนและมวลลดลง เมื่อเพิ่มอุณหภูมิอากาศอบแห้ง จะทำให้ความแตกต่างของอุณหภูมิที่ผิววัสดุและกระแสอากาศที่ไหลอย่างอิสระมีมากขึ้น เป็นผลให้การถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวลดีขึ้น เมื่อลดค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศแห้งลง จะเป็นผลทำให้ความแตกต่างระหว่างอัตราส่วนความชื้นอิ่มตัวที่ผิววัสดุและอัตราส่วนความชื้นอิ่มตัวของกระแสอากาศที่ไหลอย่างอิสระมีค่ามากขึ้น ทำให้การถ่ายเทมวลดีขึ้น ดังนั้นตัวแปรที่มีผลต่ออัตราการอบแห้งในช่วงนี้คือ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม

2.1.2 ช่วงอัตราการอบแห้งลดลง

ในช่วงอัตราการอบแห้งลดลง ความชื้นของวัสดุจะมีค่าต่ำกว่าค่าความชื้นวิกฤต (ความชื้นวัสดุขณะที่เปลี่ยนจากอัตราการอบแห้งคงที่เป็นอัตราการอบแห้งลดลง) การถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวลไม่ได้เกิดขึ้นที่เฉพาะบริเวณผิวรอบนอกเท่านั้น แต่จะเกิดขึ้นภายในผิวและเนื้อของวัสดุด้วย การเคลื่อนที่ของน้ำจากภายในวัสดุมายังผิวนั้น ช้ากว่าการพาความชื้นจากผิววัสดุไปยังอากาศ ทำให้อัตราการอบแห้งลดลง ซึ่งจะถูกควบคุมโดยความต้านทานต่อการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของน้ำในวัสดุ ในขณะนั้นอุณหภูมิของวัสดุมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศ การเคลื่อนที่ของน้ำในวัสดุส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของเหลว ซึ่งเป็นผลมาจากความแตกต่างของความเข้มข้นของความชื้น โดยที่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิอากาศอบแห้ง จะทำให้ความแตกต่างของอุณหภูมิมีมากขึ้น มีผลทำให้สัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นเพิ่มขึ้น เมื่อลดค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศอบแห้งจะเป็นผลให้เกิดความแตกต่างระหว่างอัตราส่วนความชื้นเพิ่มขึ้น ทำให้สัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน ดังนั้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิหรือลดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ จะเป็นผลทำให้การถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวลดีขึ้น เมื่อเพิ่มความเร็วลม จะพบว่าความหนาของฟิล์มอากาศนิ่งมีค่าลดลง เป็นผลให้ความต้านทานลดลง เนื่องจากความต้านทานที่ฟิล์มอากาศมีค่าน้อยเมื่อเทียบกับความต้านทานตัวอื่น ดังนั้นจึงไม่มีผลต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนและมวลมากนัก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

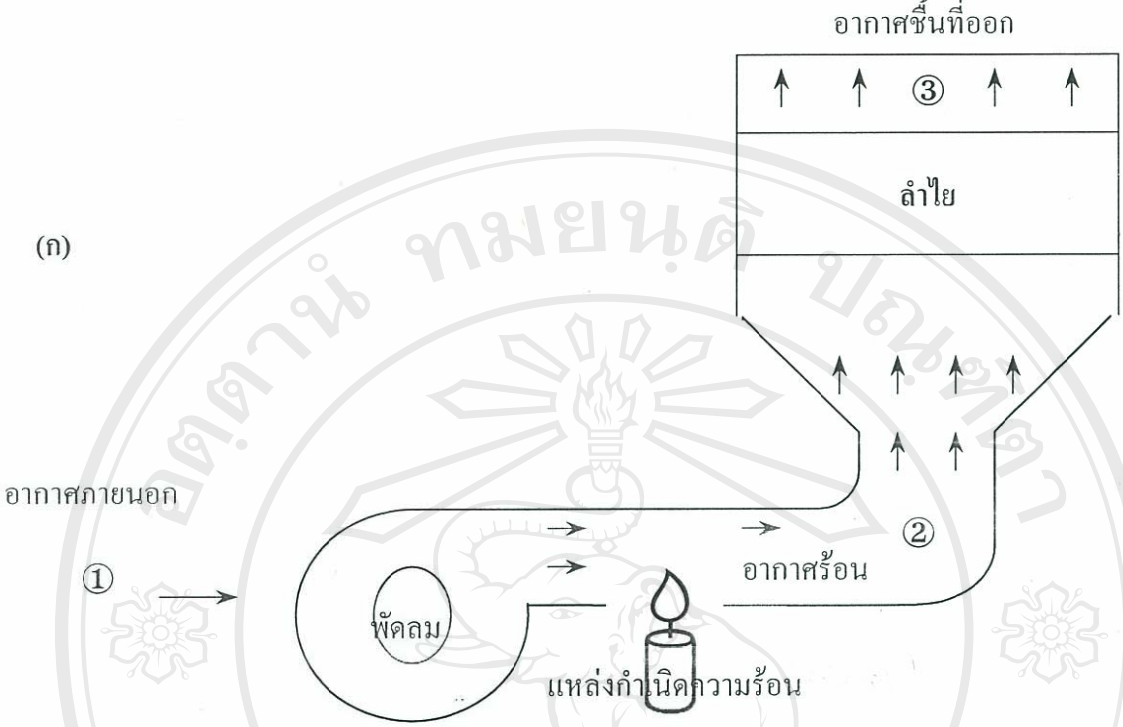
2.1.3 กระบวนการอบแห้ง (Drying process)

ภาพที่ 2.1 (ก) เป็นภาพจำลองกระบวนการอบแห้งลำไยแบบใช้อากาศร้อน และเมื่อนำไปเทียบบนแผนภูมิอากาศชื้น (Psychrometric Chart) ในภาพที่ 2.1 (ข) กระบวนการอบแห้งเริ่มจากตำแหน่งที่ 1 เป็นอากาศภายนอกมีอุณหภูมิอากาศเท่ากับ T_{db1} ซึ่งการที่จะสามารถหาตำแหน่งใดๆ บนแผนภูมิอากาศชื้นได้ จะต้องทราบคุณสมบัติของอากาศขณะนั้นอย่างน้อย 2 ค่า โดยที่อุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศขณะนั้นเท่ากับ T_{wb1} สามารถอ่านได้จากเครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ (Hygrometer) ในตำแหน่งที่ 1 จึงเป็นจุดตัดของเส้นอุณหภูมิอากาศ T_{db1} กับเส้นอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศ T_{wb1} ทำให้ทราบความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่ใช้ในการอบ (%RH) จากนั้นพัดลมจะดูดอากาศเข้าสู่เครื่องอบและอากาศจะผ่านแหล่งกำเนิดความร้อนทำให้อากาศร้อนขึ้นจนอุณหภูมิอากาศสูงขึ้นถึง T_{db2} คืออากาศในตำแหน่งที่ 2 ซึ่งสามารถอธิบายบนแผนภูมิอากาศชื้นได้ว่า การที่อากาศไหลผ่าน แหล่งกำเนิดความร้อนเป็นการเพิ่มพลังงานความร้อนให้กับอากาศ ทำให้อากาศมีอุณหภูมิที่สูงขึ้น โดยมีความชื้นสัมบรูณ์ของอากาศเท่าเดิม แต่อากาศที่ร้อนขึ้นมีความชื้นสัมพัทธ์น้อยลง หรือกล่าวได้ว่าอากาศมีความสามารถในการรับความชื้นเพิ่มขึ้น ลักษณะของอากาศก่อนที่จะผ่านลำไยที่ใช้ในการอบแห้งเป็นอากาศที่ร้อนและแห้ง เมื่ออากาศไหลผ่านลำไยที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ความร้อนของอากาศจะถ่ายเทไปสู่ลำไย ทำให้น้ำที่อยู่บริเวณผิวเปลือกรอบนอกที่ระเหยได้ง่ายนั้น สามารถออกมากับอากาศร้อนได้ ก็คืออากาศชื้นในตำแหน่งที่ 3 ซึ่งถ้าอากาศร้อนมีประสิทธิภาพในการรับน้ำดีมาก ตำแหน่งที่ 3 ก็จะเข้าใกล้เส้นความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นว่าจากแผนภูมิอากาศชื้นเส้นที่ลากจากตำแหน่งที่ 2 ไปยังตำแหน่งที่ 3 นั้น จะลากตามแนวของเส้นค่าพลังงานรวม (enthalpy) ของแผนภูมิอากาศชื้น ซึ่งกระบวนการดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงของค่าพลังงานรวมของอากาศน้อย มักจะสมมุติกันว่าค่าพลังงานรวมของอากาศชื้นไม่เปลี่ยนแปลงระหว่างการอบแห้ง นอกจากนั้นอากาศจะมีความชื้นของอากาศเพิ่มขึ้น ส่งผลให้อุณหภูมิของอากาศที่ออกมานั้นมีค่าลดลง

เงื่อนไขที่จะทำให้การอบแห้งเกิดขึ้นเร็วหรือช้า อาจแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ เงื่อนไขภายนอกวัสดุที่ก่อให้เกิดการอบแห้ง และเงื่อนไขภายในวัสดุเอง เงื่อนไขภายนอกจะเกี่ยวกับวิธีการถ่ายเทความร้อนไปยังวัสดุ และวิธีการกำจัดไอน้ำที่ระเหยออกมา ส่วนเงื่อนไขภายใน ได้แก่

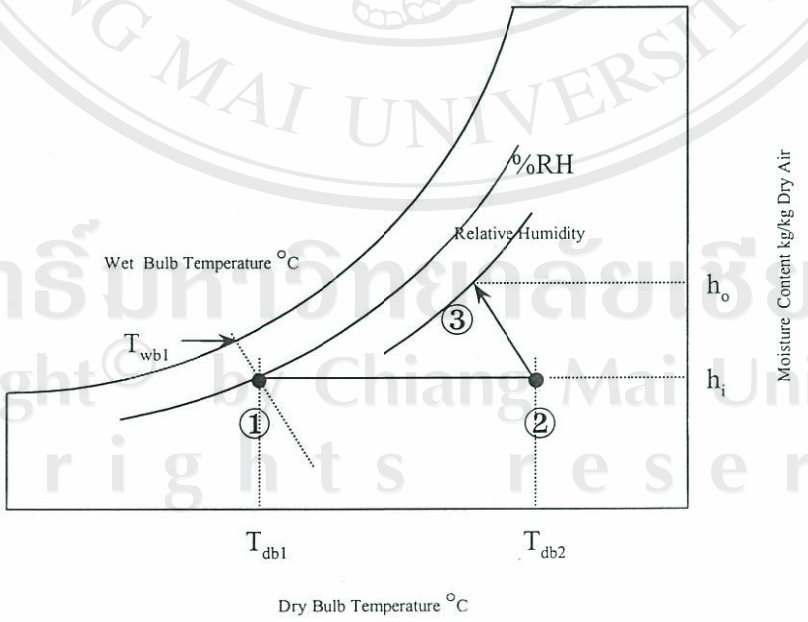
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(ก)



(ก) จำลองกระบวนการอบแห้งลำไยแบบใช้อากาศร้อน

(ข)



(ข) กระบวนการอบแห้งบนแผนภูมิอากาศชื้น

ภาพที่ 2.1 กระบวนการอบแห้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

องค์ประกอบ รูปร่าง ความชื้น และความชื้นสมดุลของวัสดุอบแห้ง โดยความชื้นของวัสดุนิยมบอกในรูปของเปอร์เซ็นต์ สามารถแยกได้เป็น 2 แบบ

1. ความชื้นมาตรฐานเปียก, M_w (wet basis)

จะใช้น้ำหนักของวัสดุชื้น (ก่อนทำการไล่ความชื้นออก) เป็นมาตรฐานของการคำนวณ

$$M_w = [(w - d)/w] 100 \quad (1)$$

2. ความชื้นมาตรฐานแห้ง, M_d (dry basis)

ในกระบวนการอบแห้ง น้ำหนักของวัสดุเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาเพื่อความสะดวกจึงใช้น้ำหนักแห้งของวัสดุเป็นมาตรฐานในการคำนวณ

$$M_d = [(w - d)/d] 100 \quad (2)$$

เมื่อ M_w หมายถึง ความชื้นมาตรฐานเปียก, เปอร์เซ็นต์

M_d หมายถึง ความชื้นมาตรฐานแห้ง, เปอร์เซ็นต์

w หมายถึง น้ำหนักทั้งหมดของวัสดุ, กิโลกรัม

d หมายถึง น้ำหนักของวัสดุแห้ง (ไม่มีความชื้น), กิโลกรัม

จากสมการ (1) และ (2) ทำให้ทราบว่า ความชื้นมาตรฐานเปียกนั้นจะมีค่าไม่เกิน 100 เปอร์เซ็นต์ ส่วนความชื้นมาตรฐานแห้งอาจจะมีค่าเกิน 100 เปอร์เซ็นต์ ก็ได้

สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นทั้ง 2 มาตรฐาน มีดังนี้

$$M_w = (100M_d) / (100 + M_d) \quad (3)$$

หรือ

$$M_d = (100M_w) / (100 - M_w) \quad (4)$$

ในการลดปริมาณความชื้นออกจากผลผลิต คือ การกำจัดน้ำออกจากผลผลิต คำนวณได้โดย

$$W_f = [W_i (100 - M_i)] / (100 - M_f) \quad (5)$$

โดยที่ W_I หมายถึง น้ำหนัก ผลิตผลเริ่มต้น, กิโลกรัม

W_f หมายถึง น้ำหนัก ผลิตผลสุดท้าย, กิโลกรัม

M_i หมายถึง ปริมาณความชื้นมาตรฐานเปียกเริ่มต้น, เปอร์เซ็นต์

M_f หมายถึง ปริมาณความชื้นมาตรฐานเปียกสุดท้าย, เปอร์เซ็นต์

จะได้ว่าปริมาณน้ำที่ต้องกำจัดออกไปมีค่าดังสมการ

$$W_w = W_i - W_f \quad (6)$$

โดยที่ W_w หมายถึง น้ำหนักของน้ำที่ถูกกำจัดออก, กิโลกรัม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(สมชาติ, 2535) กล่าวว่า ในการทดสอบหาความชื้นผลผลิตทางการเกษตรแบ่งได้ 2 วิธี

1) วิธีตรง

การใช้ตู้อบ โดยวิธี Air oven method กรณีแรก เมล็ดพืชจะถูกบดให้ละเอียด อบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 – 2 ชั่วโมง กรณีที่สอง เมล็ดพืชไม่มีการถูกบด อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 – 96 ชั่วโมง ซึ่งตัวเลขดังกล่าวเป็นเพียงข้อแนะนำ ซึ่งอ้างวิธีการหาความชื้นมาตรฐานของ Association of Official Agricultural Chemists (AOAC) หรืออาจใช้ตู้อบสุญญากาศ ซึ่งจะใช้เวลาในการอบหาความชื้นน้อยลง นอกจากนี้ยังสามารถใช้วิธีการกลั่น โดยวิธีการกลั่นที่เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไป คือ วิธีการกลั่นแบบ Brown – Duvel

2) วิธีอ้อม

การหาค่าความชื้นของวัสดุอาจทำได้โดยการวัดคุณสมบัติบางอย่างซึ่งขึ้นอยู่กับความชื้น ได้แก่ ความต้านทานทางไฟฟ้า หรือคุณสมบัติทางไดอิเลคตริก (Dielectric) วิธีนี้เป็นวิธีที่สามารถทำได้รวดเร็ว อาจใช้เวลาเพียง 1 นาที เท่านั้น ข้อเสีย คือ ความชื้นที่หาได้นั้นอาจไม่แม่นยำเท่าที่ควร นอกจากนี้คุณสมบัติเหล่านี้ยังแปรเปลี่ยนตามอุณหภูมิ และความหนาแน่นของการบรรจุได้ อีกด้วยเครื่องมือเหล่านี้ควรได้รับการตรวจสอบความถูกต้องเป็นครั้งคราว

2.2 อาหารกึ่งแห้ง

อาหารโดยทั่วไปจะประกอบด้วยความชื้นประมาณ 20 – 50 เปอร์เซ็นต์คิดเทียบโดยน้ำหนัก และมีค่าปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ (Water activity ; A_w) ในช่วง 0.95 – 1.00 ซึ่งอาหารโดยทั่วไปจะมีปริมาณน้ำที่สูง และมีสารถูกละลาย (Solute) เป็นส่วนประกอบอยู่ แต่สารถูกละลายไม่เพียงพอต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ถ้าหากสารถูกละลายเพิ่มขึ้นถึงจุดที่ทำให้ค่าปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ อยู่ในระดับที่จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ ก็จะทำให้อาหารสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น การเสื่อมเสียของอาหารจะลดลง ความปลอดภัยมากขึ้น และยังคงลักษณะบางประการ เช่น ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารยังคงมีอยู่ ซึ่งอาหารที่ลดค่าปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ลงจนอยู่ในช่วง 0.65 – 0.85 หรือมีค่าความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) 65 – 85 เปอร์เซ็นต์และมีความชื้นประมาณ 15 – 30 เปอร์เซ็นต์ จะเรียกอาหารประเภทนี้ว่าอาหารกึ่งแห้ง หรือ Intermediate Moisture Foods (ไพโรจน์, 2539) ซึ่งค่า Water activity มีความสัมพันธ์กับค่าของความชื้นสัมพัทธ์สมดุล (Equilibrium Relative Humidity, ERH) ของวัสดุนั้น จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ความสัมพันธ์คำนวณได้ดังสมการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความชื้นสัมพัทธ์สมดุล (ERH) = (100) x A_w (Robinson, 1965) (7)

ค่า A_w คำนวณได้จาก

$$A_w = P_w / P_{wo} \quad (8)$$

P_w หมายถึง ความดันไอของน้ำที่สมดุลกับอาหาร

P_{wo} หมายถึง ความดันไอของน้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิเดียวกัน

ได้จำแนกประเภทของอาหาร โดยใช้ค่าปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์เป็นเครื่องวัด สามารถแบ่งได้ 3 ประเภทใหญ่ ๆ ดังนี้

1. อาหารที่มีปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์มาก หรือ High Moisture Foods (HMF) เป็นอาหารที่มีค่าปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์อยู่ในช่วง 0.85 – 1.00 เช่น อาหารสด ผักผลไม้ ผลไม้ในน้ำเชื่อม อาหารกระป๋อง เป็นต้น

2. อาหารที่มีปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ปานกลาง หรือ Intermediate Moisture Foods (IMF) เป็นอาหารที่มีค่าปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์อยู่ในช่วง 0.65 – 0.85 เช่น ปลาเค็ม แยม ผลไม้แห้ง เป็นต้น

3. อาหารที่มีปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์น้ำที่เป็นประโยชน์ต่ำ หรือ Low Moisture Foods (LMF) เป็นอาหารที่มีค่าปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์อยู่ในช่วง 0.01 – 0.65 เช่น ช็อกโกแลต ขนมปังกรอบ นมผง ไข่ผง ผักแห้ง เป็นต้น

อาหารกึ่งแห้งนั้นเป็นอาหารที่มีปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ในระดับปานกลาง ซึ่งเป็นระดับที่จุลินทรีย์ประเภทแบคทีเรียส่วนใหญ่ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ แต่อาจจะมีปัญหาเรื่องของเชื้อรา และยีสต์ ที่อาจจะเจริญเติบโตได้ และยังมีการเปลี่ยนแปลงทางด้านเคมีที่สามารถเกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ในระหว่างการเก็บรักษา คือ การเกิดออกซิเดชั่นของน้ำมันและไขมัน (Lipid oxidation) การเกิดสีน้ำตาลเนื่องมาจากปฏิกิริยาที่ไม่ใช่เอนไซม์ (Non-enzyme browning reaction) ตลอดจนอาจเกิดการสูญเสียไวตามินที่ละลายน้ำได้ ซึ่งมีวัตถุประสงค์หลักของการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งแห้งนั้น เพื่อต้องการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ให้ยาวนานมากที่สุดเท่าที่สามารถจะกระทำได้ โดยเน้นในด้านความคงทนต่อจุลินทรีย์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

2.3 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ลำไย

ลำไย เป็นไม้ผลที่สามารถปลูกและเจริญเติบโตได้ดีในประเทศไทย แหล่งผลิตลำไยที่สำคัญอยู่ในจังหวัดทางภาคเหนือ ได้แก่ จังหวัดลำพูน จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดเชียงราย ในปี พ.ศ. 2540 จังหวัดลำพูนมีการปลูกลำไยมากที่สุด รองลงมาได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ และปริมาณผล

ผลิตก็เช่นเดียวกัน ผลผลิตลำไยจะออกสู่ตลาดในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงกลางเดือนสิงหาคม ในรูปของลำไยสดและลำไยอบแห้ง มีทั้งตลาดภายในประเทศและตลาดต่างประเทศ มูลค่าแต่ละปีเป็นหมื่นล้านบาท (ตารางที่ 3 ภาคผนวก) ลำไย มีชื่อเรียกทางพฤกษาศาสตร์ว่า Euphoria Longana Lamk มีชื่อสามัญเป็นภาษาอังกฤษว่า Longan หรือ Lungan จัดเป็นพืชใน Family Sapindaceae มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Dimocarpus longan L.our. (เกษตรจังหวัดเชียงใหม่ , 2541)

ลำต้น ลำไยเป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางจนถึงขนาดใหญ่ ลำต้นสูงประมาณ 9-12 เมตร ขนาดทรงพุ่มประมาณ 4.5-6 เมตร เปลือกลำต้นขรุขระมีสีน้ำตาลเทาเข้ม

ใบ ลำไยมีใบที่จัดอยู่ในพวก ใบรวม (compound leaf) โดยมีลักษณะก้านใบรวม (rachis) ยาวประมาณ 15-30 เซนติเมตร มีใบย่อย (leaflet) ติดอยู่ประมาณ 2-3 คู่เรียงแบบ opposite หรือ alternate ใบย่อยมีขนาดกว้าง 3-6 เซนติเมตร และยาวประมาณ 7-15 เซนติเมตร มีทั้งสีเขียวอ่อนไปจนถึงสีเขียวเข้ม ด้านบนใบมีลักษณะเรียบเป็นมัน ด้านล่างมีลักษณะหยาบสากเล็กน้อย ขอบใบเรียบเป็นคลื่นมีเส้น vein แตกออกจากเส้นกลางใบ (mid rid) เป็นจำนวนมาก

ผล มีลักษณะกลมหรือทรงเบี้ยว เปลือกผลมีสีเขียวปนน้ำตาล เขียวปนเหลืองหรือน้ำตาลแดง แล้วแต่ชนิดของพันธุ์ เปลือกลำไยเมื่อยังไม่แก่เต็มที่จะมีผิวขรุขระเล็กน้อย เมื่อแก่จัดเปลือกจะมีผิวค่อนข้างเรียบ ลักษณะผลจะพองโต

เมล็ด มีลักษณะกลมหรือกลมแป้น เมื่อยังไม่แก่เปลือกหุ้มเมล็ด (seed coat) จะมีสีขาว แล้วค่อยๆ เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลหรือน้ำตาลดำ เมื่อผลแก่จัดเต็มที่แล้ว ขนาดของเมล็ดมีตั้งแต่ขนาดเล็กจนถึงขนาดใหญ่แล้วแต่พันธุ์ หรือในลำไยบางลูกเมล็ดอาจไม่เจริญมีแต่เนื้อเท่านั้น (ฉันทนา , 2531)

2.4 กระบวนการผลิตลำไยอบแห้ง

กระบวนการแปรรูปลำไยอบแห้งของผู้ประกอบการสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทด้วยกัน (รัตนา และคณะ, 2541)

1. การแปรรูปลำไยอบแห้งเฉพาะเนื้อ เป็นการนำลำไยสดมาคว้านเอาเมล็ดในออก ด้วยตุ๊ดตู่ หรือด้วยปลายช้อนสแตนเลสที่ลับจนคม แกะเปลือกออกนำเนื้อลำไยมาแช่สารละลาย จากนั้นเรียงบนตะแกรงโปร่ง หรือกระด้ง นำเข้าอบด้วยความร้อนจนเนื้อลำไยแห้ง อุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการอบเนื้อลำไย แตกต่างไปตามชนิดของเตาหรือตู้อบ เช่นเดียวกับสีของเนื้อลำไยอบแห้งซึ่งมีตั้งแต่สีเหลืองทองไปจนถึงสีดำ ผู้ประกอบการมีวิธีการแปรรูปหลายวิธีแตกต่างกันตามแหล่งที่ทำการแปรรูป และทำให้ได้ลำไยอบแห้งเฉพาะเนื้อที่มีคุณภาพแตกต่างกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. การแปรรูปลำไยอบแห้งทั้งเปลือก เป็นการนำลำไยสดทั้งเปลือกมาอบให้แห้งด้วยความร้อน กรรมวิธีการอบลำไยทั้งเปลือกยังไม่มีการกำหนดกรรมวิธีมาตรฐาน ดังนั้นกรรมวิธีการอบลำไยทั้งเปลือกที่ทำกันจึงมีหลากหลายวิธี ซึ่งได้จากการทดลองดัดแปลงเองตามคำแนะนำ ทั้งจากมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จากพ่อค้าจีน จากบริษัทผู้จำหน่ายเตาอบลำไยและจากผู้ที่เคยทำมาก่อน จากกรรมวิธีการอบที่แตกต่างกัน จึงเป็นเหตุให้คุณภาพของเนื้อลำไยแห้งทั้งเปลือกมีสีตั้งแต่สีน้ำตาลแดงไปจนถึงสีดำ ความแห้งของเนื้อลำไยมีตั้งแต่ไม่ค่อยแห้งไปจนถึงเนื้อแห้งติดเมล็ดในกลิ่นของลำไยมีตั้งแต่กลิ่นลำไยไปจนถึงกลิ่นน้ำตาลไหม้

ลำไยอบแห้งเริ่มมีบทบาทและเป็นที่นิยมของตลาดต่างประเทศเพิ่มขึ้นทุกปี โดยเฉพาะลำไยอบแห้งแบบทั้งเปลือกตลาดการส่งออกที่สำคัญ ได้แก่ จีน ฮ่องกง ไต้หวัน และสิงคโปร์ การอบแห้งลำไยแบบทั้งเปลือกจึงเป็นที่สนใจของเกษตรกร โดยจากปริมาณการผลิตที่กลุ่มแม่บ้านเกษตรกร 5 จังหวัดภาคเหนือผลิตลำไยอบแห้งเฉพาะเนื้อมีปริมาณ 247,214 กิโลกรัมส่วนปริมาณผลิตภัณฑ์ลำไยอบแห้งแบบทั้งเปลือกมีปริมาณมากถึง 22,747,616 กิโลกรัม (ตารางที่ 2 ภาคผนวก) อย่างไรก็ตามการผลิตลำไยอบแห้งทั้งเปลือกยังมีปัญหาการผลิตที่ไม่ได้คุณภาพ และต้องได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วน กล่าวคือ ผลลำไยแห้งไม่สนิท เป็นการเสี่ยงต่อการเกิดเชื้อราในเนื้อลำไย การอบแห้งลำไยแบบทั้งเปลือกนั้นสามารถอบแห้งกับลำไยได้เกือบทุกพันธุ์ แต่ที่นิยมนำมาอบแห้งมากที่สุดคือลำไยพันธุ์ดอ เพราะเปลือกบาง สีเปลือกจะเป็นสีเหลืองทองเป็นที่ต้องการของตลาด ส่วนพันธุ์อื่นๆ คุณลักษณะแตกต่างกันไป พันธุ์เปลือกหนาต้องใช้เวลาในการอบนานขึ้น ส่วนพันธุ์ที่มีรสชาติหวานจัดเมื่ออบแห้งแล้วเนื้อจะค่อนข้างเป็นสีน้ำตาลเข้ม และอาจจะมีกลิ่นของน้ำตาลไหม้ได้ สรุปพันธุ์ลำไยที่นำมาใช้อบเป็นลำไยแห้ง ได้แก่

1. พันธุ์ดอ เป็นพันธุ์เบา ขนาดของผลค่อนข้างใหญ่ เปลือกสีน้ำตาลและหนา ผิวเปลือกเป็นกระหรือเป็นตาห่าง ๆ รูปร่างผลเบี้ยวเล็กน้อย เนื้อสีขาวขุ่นค่อนข้างเหนียว รสหวาน และค่อนข้างแห้ง เก็บเกี่ยวประมาณเดือน มิถุนายน – กรกฎาคม ออกสู่ตลาดก่อนพันธุ์อื่น ๆ คุณสมบัติเด่น คือ เมื่ออบแห้งเปลือกและเนื้อจะมีสีเหลืองทองเป็นที่ต้องการของตลาด

2. พันธุ์แห้ว เป็นพันธุ์กลาง เปลือกหนาผิวขรุขระ ผลกลมแป้น เนื้อมีสีขาวขุ่น แข็ง กรอบ รสหวาน เมล็ดกลมแบน ลักษณะประจำพันธุ์มักจะให้ผลปีเว้นปี เก็บเกี่ยวปลายเดือน สิงหาคม – ต้นกันยายน

3. พันธุ์สีชมพู เป็นพันธุ์กลาง ลักษณะเด่นของพันธุ์นี้คือ เนื้อสีชมพูเรื่อ ๆ หวานจัด ผลเบี้ยว เปลือกเป็นสีน้ำตาลแดงเรียบ ไม่ขรุขระ เมื่อแก่จัดเปลือกจะสีคล้ำ เมื่อเปรียบเทียบกับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พันธุ์แห้วที่เห็นเด่นชัด คือ เนื้อพันธุ์แห้วจะแห้งกว่า ผลในช่อไม่สม่ำเสมอ เก็บเกี่ยวปลายเดือนกรกฎาคม – สิงหาคม

4. พันธุ์เบี้ยวเขียว เป็นพันธุ์หนัก เก็บเกี่ยวผลช้ากว่าทุกพันธุ์ ลักษณะเด่นคือ ผลเบี้ยว เปลือกหนา สีของเปลือกเป็นสีน้ำตาลปนเขียว ผิวเรียบ ผลขนาดใหญ่ เนื้อมีสีขาวครีม ร่อนเนื้อแห้งกว่าทุกพันธุ์ รสหวาน เก็บเกี่ยวช้าสุดเดือนสิงหาคม – กันยายน

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

รัตนา และคณะ (2520) ทำการวิจัยศึกษาเปรียบเทียบ เพื่อหาวิธีการอบแห้งที่เหมาะสม กับลำไย 4 พันธุ์ โดยวิธีการอบแบบทั้งเปลือก ใช้อุณหภูมิในการอบ 3 ระดับ คือ 140 องศาฟาเรนไฮ (60 องศาเซลเซียส) 150 องศาฟาเรนไฮ (65.5 องศาเซลเซียส) และ 160 องศาฟาเรนไฮ (71 องศาเซลเซียส) การตรวจคุณภาพได้นำลำไยที่ได้มาต้มทำน้ำลำไย และพิจารณาคุณภาพของสี กลิ่น รส และลักษณะการคืนรูปของเนื้อลำไย พบว่าพันธุ์ดอ อุณหภูมิที่เหมาะสมในการใช้อบคือ 60 องศาเซลเซียส โดยลำไยที่นำมาอบมีความชื้นประมาณ 66 – 70 เปอร์เซ็นต์ จะอบจนความชื้นลดลงเหลือ 11 – 13 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งใช้เวลาในการอบ 40 ชั่วโมง คุณภาพน้ำลำไยที่ได้ คือ สีน้ำลำไยมีสีน้ำตาล มีกลิ่นหอม และการคืนรูปดีมีลักษณะกรอบคล้ายผลลำไยสด นอกจากนั้นยังพบว่า ขนาดของผลลำไยและปริมาณน้ำตาลมีผลต่อเวลาที่ใช้ในการอบ

พนอรัตน์ (2533) แนะนำอุณหภูมิที่เหมาะสมกับการอบลำไยคือ 60 องศาเซลเซียส โดยอบลำไยทั้งเปลือกพันธุ์ดอใช้เวลานาน 34 ชั่วโมง พันธุ์แดง และพันธุ์แห้วใช้เวลานาน 42 ชั่วโมง พันธุ์เบี้ยวเขียวใช้เวลานาน 48 ชั่วโมง ทำการอบด้วยเตาอบใบยาสูบ สำหรับเตาอบที่มีกระแสลมร้อนพัดหมุนเวียนดี อุณหภูมิที่เหมาะสม คือ 75 องศาเซลเซียส ลำไยอบแห้งทั้งเปลือก พันธุ์ดอใช้เวลานาน 22 ชั่วโมง พันธุ์แดงและพันธุ์แห้ว ใช้เวลานาน 25 ชั่วโมง และพันธุ์เบี้ยวเขียว ใช้เวลานาน 30 ชั่วโมง

จากโครงการวิจัย อุตสาหกรรมการแปรรูปลำไย โดยรัตนาและคณะ (2541) ได้รวบรวมกรรมวิธีในการทำลำไยอบแห้งแบบทั้งเปลือก จากการสำรวจในปี 2539 ไว้ 4 วิธี ดังภาพที่ 2.2 และยังเสนอกรรมวิธีการอบแห้งลำไยแบบทั้งเปลือก ที่สามารถทำให้เปลือกมีสีทอง ไว้ดังภาพที่ 2.3

วรรณิการ์ (2540) ได้จัดมาตรฐานในเรื่องของสีลำไยอบแห้ง แบ่งเป็น 2 ส่วน โดยส่วนแรกจะเป็นสีของลำไยอบแห้งเฉพาะเนื้อ และอีกส่วนเป็นสีของเนื้อลำไยอบแห้งแบบทั้งเปลือก โดยสีลำไยอบแห้งแบบทั้งเปลือกแบ่งได้ 2 สี คือ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1. สีน้ำตาล คือ เนื้อลำไย เกรดคัด หมายถึง เนื้อลำไยอบแห้งที่ทำจากการแกะเนื้อลำไยจากลำไยอบแห้งทั้งเปลือก ลักษณะเนื้อลำไยแห้งเกรดคัดจะมีสีน้ำตาลแดง นิยมไว้ทำน้ำลำไยหรือส่วนผสมของยาจีน

2. สีน้ำตาลแดง สีน้ำตาลดำ คือ เนื้อลำไยเกรดรวม หมายถึง เนื้อลำไยอบแห้งที่ทำจากการแกะเนื้อลำไยจากลำไยอบแห้งทั้งเปลือกหรือรวมเศษเนื้อลำไยจากเกรดอื่น ลักษณะเนื้อลำไยอบแห้งเกรดรวมจะมีสีตั้งแต่สีน้ำตาลแดงไปจนถึงสีน้ำตาลดำ เวลาจำหน่ายจะนำมาอัดเป็นก้อนหรือแท่งใช้ทำน้ำลำไย

สิริชัย (2541) ได้กล่าวเกี่ยวกับคุณภาพลำไยอบแห้งทั้งเปลือก เพื่อการส่งออกว่า ลำไยอบแห้งต้องมีความชื้นต่ำกว่า 18 เปอร์เซ็นต์ (wet basis) อัตราส่วนลำไยสด 1 กิโลกรัมเมื่ออบแห้งแล้วจะได้ลำไยอบแห้ง 361 กรัม (ความชื้น 17 เปอร์เซ็นต์) ดังนั้นในการอบแห้งควรจะมีเครื่องตรวจวัดความชื้น วัดตรวจสอบ หากไม่มีเครื่องควรสุ่มตรวจผลลำไย (ผลใหญ่) ว่าแห้งหรือไม่ โดยการตรวจสอบเมล็ดของลำไยแห้งผลใหญ่ ถ้าขบกัดแล้วแตกง่ายแสดงว่าแห้ง ถ้าขบกัดแล้วแตกยากแสดงยังชื้นอยู่

งานพัฒนาสถาบันเกษตรกร (2540) ได้กล่าวถึงมาตรฐาน และคุณลักษณะที่ต้องการของการแปรรูปลำไยอบแห้งไว้ ได้แก่

ลำไยอบแห้งทั้งเปลือก มีคุณลักษณะที่ต้องการ คือ

1. เป็นลูกกลม ๆ ไม่บุ๋ม ผิวเปลือกสีเหลืองน้ำตาลนวลไม่เป็นจุดหรือเปื้อน
2. เนื้อลำไยมีลักษณะแห้ง เปลือกไม่แตก ความชื้นไม่เกินประมาณ 18 เปอร์เซ็นต์ (wet basis) รสชาติ หวานไม่ขม
3. กลิ่น มีกลิ่นหอมของลำไย
4. ไม่มีสิ่งเจือปนอื่น ๆ

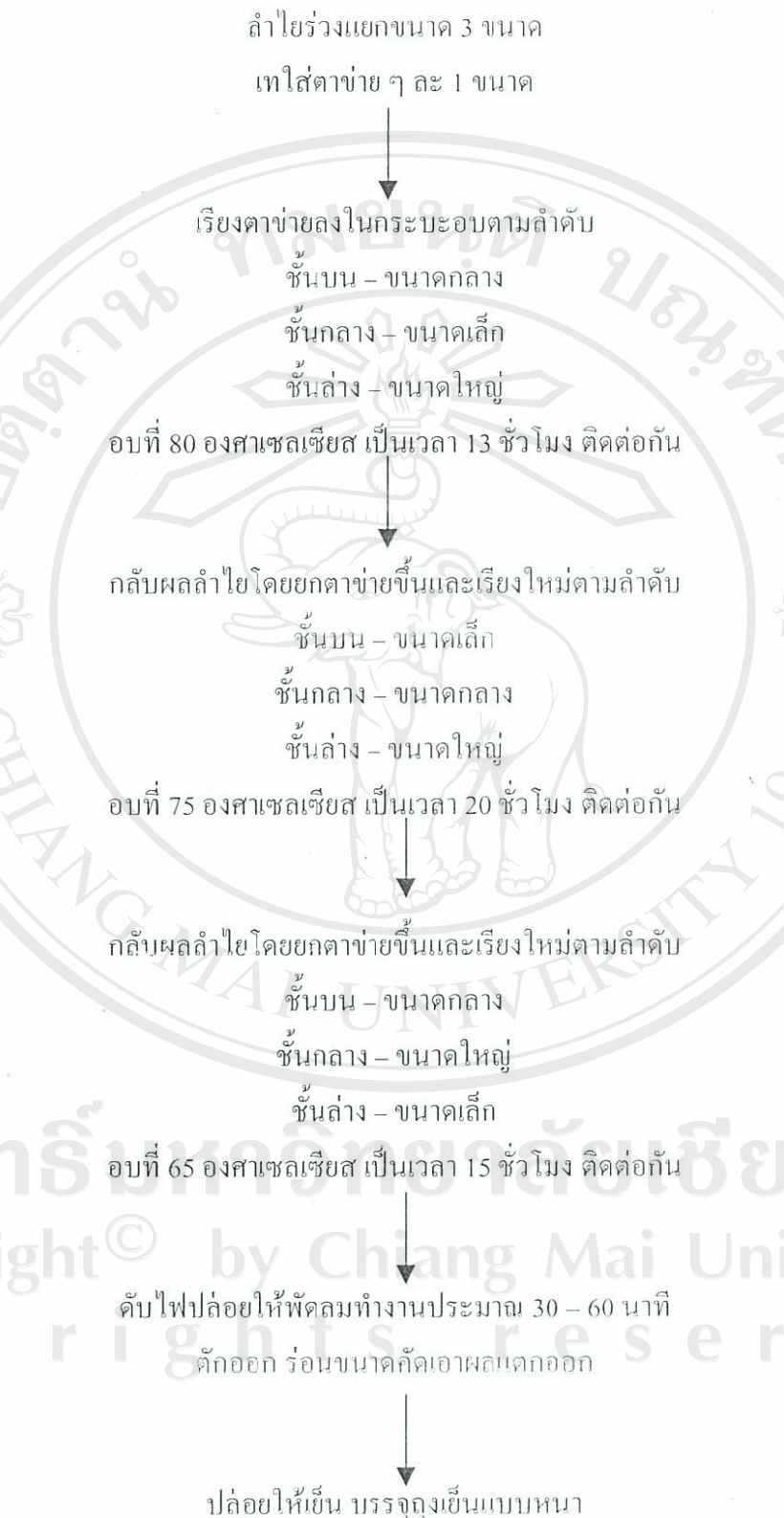
สาเหตุหลักที่ทำให้การอบแห้งผลลำไยทั้งเปลือกไม่ได้คุณภาพตามที่ต้องการนั้น เกิดจากสาเหตุสำคัญ 2 ประการ คือ

1. วิธีการปฏิบัติในการอบแห้งของเกษตรกรหรือผู้ประกอบการไม่ถูกต้อง หรือยังไม่ครบถ้วน
2. เครื่องอบแห้งที่ใช้ไม่เหมาะสม ทั้งในด้านคุณภาพและประสิทธิภาพการทำงาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 2.2 กรรมวิธีการทำลำไยอบแห้งทั้งเปลือกในปี 2539 ที่ใช้กับเตาอบกระบะแบบใต้หวัน และเตาอบกระบะแบบใช้แก๊สหุงต้ม (ที่มา : รัตนา และคณะ, 2541)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 2.3 กรรมวิธีการทำลำไยอบแห้งสีทองทั้งเปลือกสำหรับเตากระบะ (ที่มา : รัตนา และคณะ, 2541)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วิวัฒน์และชลธิศ (2533) ได้ทำการวิจัยดัดแปลงเครื่องอบแบบไต้หวัน ให้มีขนาดเล็กลง เพื่ออบแห้งลำไยแบบทั้งเปลือก ครั้งละไม่เกิน 100 กิโลกรัม ความสูงของกระบะอบ 45 เซนติเมตร ใช้ก๊าซหุงต้มเป็นเชื้อเพลิงทำความร้อน มีพัดลม (Blower) เป่าลมร้อน อุณหภูมิที่ใช้ 65 – 75 องศาเซลเซียส ได้แบ่งการทดลองเป็น 2 วิธี คือ 1) ใส่ลำไยทั้งหมดลงบนกระบะอบ และทำการพลิกกลับลำไยโดยใช้วิธีการกวน 2) แบ่งลำไยใส่ลงบนถาดตะแกรงความสูง 8 เซนติเมตร จำนวน 4 ชั้น ผลการทดลองของวิธีที่ 1 ไม่ดีเท่าที่ควร โดยอบลำไยที่ความชื้นเริ่มต้น 75 เปอร์เซ็นต์ (wet basis) ใช้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอบ 46 ชั่วโมง ลดความชื้นของลำไยลงเหลือเพียง 31 เปอร์เซ็นต์ จึงหยุดอบ (เนื่องจากพบว่าส่วนล่างแห้งจนเกือบไหม้) เมื่อตรวจคุณภาพของลำไยพบว่ามีความชื้นที่ไม่สม่ำเสมอ ลักษณะสีเนื้อลำไยที่ปรากฏมีสีเหลืองไปจนถึงสีน้ำตาล โดยที่สีเหลืองเป็นสีของลำไยที่มีความชื้นสูง จึงได้ทำการปรับโดยแบ่งลำไยออกเป็นชั้น ๆ ตามวิธีที่ 2 ผลการทดลองของวิธีที่ 2 คุณภาพของลำไยดีขึ้นกว่าวิธีแรก ได้อบลำไยจำนวน 16 ถาด ที่ความชื้นลำไยเริ่มต้น 75 เปอร์เซ็นต์ ใช้อุณหภูมิ 78 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 50 ชั่วโมง ลดความชื้นของลำไยเหลือ 24 เปอร์เซ็นต์ โดยที่จะกลับได้ง่ายขึ้น (สลับถาดตะแกรง) และจะนำลำไยที่อบแห้งได้ที่ (ในส่วนล่างออกก่อน) ได้ตั้งข้อเสนอปรับปรุงไว้ดังนี้ 1) การอบควรกระจายอากาศร้อนที่ใช้อบให้ทั่วถึง 2) ลดชั้นความหนาในการอบลงให้เหมาะสม และ3) หาวิธีในการพลิกกลับลำไยให้เหมาะสมขึ้น

วีระ (2541) ได้ออกแบบและปรับปรุงเครื่องอบแห้งลำไยแบบไต้หวัน ให้สามารถกลับลำไยได้สะดวกขึ้น ได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพและความคุ้มค่าในการใช้กับเครื่องแบบเดิม (แบบไต้หวัน) ได้นำลำไยที่ได้จากการทดลอง มาพิจารณาเปรียบเทียบคุณภาพกับลำไยที่อบจากเครื่องแบบไต้หวัน ดังนี้ 1) เปอร์เซ็นต์ความชื้น 2) สี และ 3) ค่า Water activity ของเนื้อลำไย และทดสอบคุณภาพโดยผู้บริโภค ดังนี้ 1) รสชาติ 2) เนื้อสัมผัส 3) ความพอใจ การทดลองอบลำไยใช้ครั้งละ 2,000 กิโลกรัม ในระดับชั้นความหนา 60 เซนติเมตร ใช้ลมร้อนอุณหภูมิ 75 – 80 องศาเซลเซียส ที่ความเร็วลม 0.7 เมตร/วินาที ผลที่ได้ พบว่าเครื่องที่ปรับปรุงให้ความสะดวกและคล่องตัวในการทำงาน คุณภาพลำไยมีความสม่ำเสมอไม่แตกต่างจากแบบเดิม หลังจากนั้นได้ศึกษาหาช่วงเวลาในการกลับที่เหมาะสม โดยใช้เครื่องอบแห้งจำลอง อบลำไยครั้งละ 60 กิโลกรัม ที่ระดับชั้นความหนา 60 เซนติเมตร ใช้ลมร้อนอุณหภูมิ 60 – 65 องศาเซลเซียส ที่ความเร็วลม 0.6 เมตร/วินาที อบลำไย 2 ขนาด คือ เกรด AA และ เกรดคละ (A:B ในอัตรา 1:1) ที่ความชื้นเริ่มต้น 75 เปอร์เซ็นต์ ใช้เวลาในการอบ 48 – 53 ชั่วโมง จนความชื้นลดลงเหลือ 20 เปอร์เซ็นต์ พบว่าที่ใช้อุณหภูมิในการอบ 60 องศาเซลเซียส เวลาที่เหมาะสมของการกลับเกรด AA คือ 12 ชั่วโมง และ

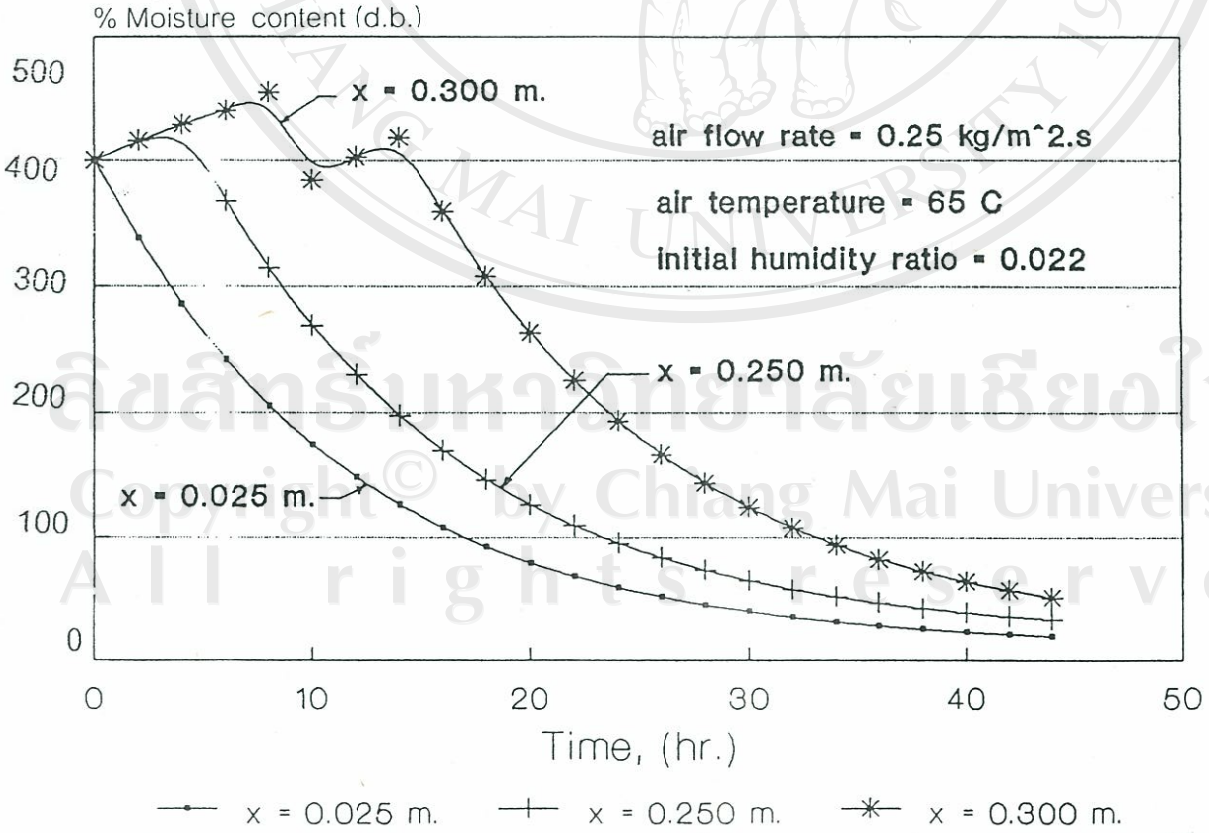
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เกรด AB คือ 6 ชั่วโมง ส่วนที่ใช้อุณหภูมิในการอบ 65 องศาเซลเซียส เวลาที่เหมาะสมในการกลับเกรด AA คือ 6 ชั่วโมง และ เกรด AB คือ 6 ชั่วโมง เช่นกัน

Klongpanich (1991) ทำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเครื่องอบแห้ง (Dryer Modelling) ได้สร้างกราฟ Drying curve โดยศึกษาตัวแปรของการอบ 3 ตัวแปร ได้แก่ 1) อุณหภูมิที่ใช้ในการอบ 2) อัตราการไหลเวียนของอากาศ 3) ระยะชั้นความหนาที่ใช้อบ จากแบบจำลองนั้นการเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรทั้ง 3 จะมีผลต่อการอบแห้ง ซึ่งการใช้อุณหภูมิในการอบแห้ง อัตราการไหลเวียนของอากาศ และระยะชั้นความหนาของวัสดุที่ใช้ในการอบแห้ง มีผลต่อการอบแห้งเป็นอย่างยิ่ง ตัวอย่างเช่น ผลของระยะชั้นความหนาของวัสดุที่ใช้ในการอบแห้ง เมื่อใช้ความหนาของการอบแห้งที่แตกต่างกัน 3 ระดับ ดังแสดงในภาพที่ 2.4 การอบแห้งลำไยด้วยความหนา 2.5 เซนติเมตร 25 เซนติเมตร และ 30 เซนติเมตร ที่ใช้อัตราการไหลของอากาศร้อนขาเข้าที่ 0.25 กิโลกรัม/เมตร^2.วินาที และอุณหภูมิอากาศที่ 65 ^{o}C ได้เส้นกราฟเปรียบเทียบกัน 3 เส้น ดังแสดง

โดย ค่าของแกน x คือ เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง , ชั่วโมง

ค่าของแกน y คือ ความชื้นลำไยมาตรฐานแห้ง , เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 2.4 เส้น Drying curve แสดงผลของระยะชั้นความหนาของการอบลำไย ในการอบที่ชั้นความหนาของการอบต่างกัน 3 ระดับ (ที่มา : Klongpanich ,1991)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Rapusas *et al.* (1995) ศึกษาลักษณะการอบแห้งของหอมหัวใหญ่หั่นสีขาว โดยอบหอมหัวใหญ่หั่นขนาด 2-8 มิลลิเมตร ด้วยตู้อบแบบ Batch-type ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ขนาดของวัตถุดิบที่ใช้ในการอบแห้ง มีอิทธิพลอย่างมากต่ออัตราการอบแห้ง (Drying rate) คือหอมหัวใหญ่ที่หั่นให้มีขนาดใหญ่จะมีความต้านการระเหยน้ำสูงกว่าหอมหัวใหญ่ชิ้นเล็ก โดยขนาดชิ้นใหญ่ 8 มิลลิเมตร ใช้เวลาในการอบนานที่สุด ในการทดลองควบคุมปัจจัยในการอบแห้ง คือ ความชื้นในอากาศ ความเร็วลม ให้คงที่ตลอดระยะเวลาของการอบแห้ง

Elustondo *et al.* (1996) ศึกษารูปแบบอัตราการคายน้ำของหอมหัวใหญ่หั่น โดยอบหัวหอมใหญ่ที่ขนาดชิ้นต่างกัน 3 ขนาด คือ 5 มิลลิเมตร 10 มิลลิเมตร และ 15 มิลลิเมตร โดยใช้เครื่องอบที่สร้างขึ้นในห้องทดลอง ใช้แก๊สเป็นเชื้อเพลิงในการอบแห้ง โดยควบคุมปัจจัยการอบแห้งคือ อบที่อุณหภูมิ 55°C ความเร็วลม 3.5 เมตร/วินาที ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ 15 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดลองพบว่า ชิ้นหอมหัวใหญ่ที่มีขนาดเล็กจะใช้เวลาในการอบน้อยกว่า ชิ้นหอมหัวใหญ่ที่มีขนาดใหญ่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved