บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของลำไย

ลำไย (Longan) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Euphoria longana Lamk อยู่ในตระกูล, (Family) Sapindaceae มีชื่อสามัญเป็นภาษาอังกฤษว่า longan เป็นภาษาจีนว่า longyen หรือ lingeng ลักษณะคล้ายลิ้นจี่ (กลุ่มเกษตรสัญจร, 2530) ลำไยพันธุ์ดอ เป็นลำไยพันธุ์เบาชาวสวนนิยมปลูกเพราะเก็บเกี่ยวก่อนขายได้ราคาดีตลาดต่างประเทศนิยม ผลมีขนาดใหญ่ ทรงผลกลมเบี้ยวเล็กน้อย บริเวณก้นผลปุ่ม ผิวเปลือกสีน้ำตาล มีกระหรือตาห่าง สีน้ำตาลเข้ม เนื้อผลหนาสีขาวขุ่นค่อนข้างเหนียวการเก็บลำไยที่จะนำมาอบนั้นต้องเก็บเกี่ยวขณะที่ลำไยแก่เต็มที่แล้ว การเติบโตของลำไยเต็มที่ใช้เวลาประมาณ 21 สัปดาห์หลังติดผล (ดาวเรือง, 2530)

ลำต้น ลำไยเป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางจนถึงขนาดใหญ่ ลำต้นสูงประมาณ 9-12 เมตร ขนาดทรงพุ่มประมาณ 4.5-6 เมตร เปลือกลำต้นขรุขระมีสีน้ำตาลเทาเข้ม แหล่งผลิตลำไยที่สำคัญของประเทศไทยอยู่ในจังหวัดทางภาคเหนือ ได้แก่ จังหวัดลำพูน จังหวัดเชียงใหม่ และจังหวัดเชียงราย

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 ด้านบนใบมีลักษณะเข้มเป็นมัน ด้านล่างมีลักษณะหยาบสากเล็กน้อย ขอบใบเรียบเป็นคลื่นมีเส้น vein แตกออกจากเส้นกลางใบ (Mid rib) เป็นจำนวนมาก

ผล มีลักษณะกลม หรือ ทรงเบี้ยว เปลือกผลมีสีเขียวปนน้ำตาล เขียวปนเหลืองหรือน้ำตาลแดง แล้วแต่ชนิดของพันธุ์ เปลือกลำไยเมื่อยังไม่แก่เต็มที่จะมีผิวขรุขระเล็กน้อย เมื่อแก่จัดเปลือกจะมีผิวค่อนข้างเรียบ ลักษณะผลจะพองโต

ขนาดผลต่อกิโลกรัมแบ่งตามเกรด ดังนี้ คือ (วีระ, 2541)

- เกรด AA มีจำนวนผลน้อยกว่า 80 ผล/กิโลกรัม
- เกรด A มีจำนวนลำไย 80-94 ผล/กิโลกรัม และ
- เกรด B มีจำนวนผล 93-114 ผล/กิโลกรัม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของผลลำไยแต่ละเกรดมีดังนี้

- เกรด AA มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร/ผล ขึ้นไป
- เกรด A มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 22-24 มิลลิเมตร/ผล
- เกรด B มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 19-21 มิลลิเมตร/ผล

เมล็ด มีลักษณะกลม หรือ กลมแป้น เมื่อยังไม่แก่เปลือกหุ้มเมล็ด (Seed coat) จะมีสีขาว แล้วค่อยๆ เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล หรือ น้ำตาลดำ เมื่อผลแก่จัดเต็มที่แล้ว ขนาดของเมล็ดมีตั้งแต่ขนาดเล็กจนถึงขนาดใหญ่แล้วแต่พันธุ์ หรือ ในลำไยบางลูกเมล็ดอาจไม่เจริญมีแต่เนื้อเท่านั้น (ฉันทนา, 2513 อ้างโดย อุมาพร, 2543)

ฤดูการเก็บเกี่ยว สามารถแบ่งตามฤดูเก็บเกี่ยว ดังนี้ คือ

- ลำไยนอกฤดู เก็บเกี่ยวเดือน ตุลาคม - เมษายน ประมาณร้อยละ 10 ของพื้นที่
- ลำไยก่อนฤดู เก็บเกี่ยวเดือน พฤษภาคม - มิถุนายน ประมาณร้อยละ 20 ของพื้นที่
- ลำไยในฤดู เก็บเกี่ยวเดือน กรกฎาคม - สิงหาคม ประมาณร้อยละ 70 ของพื้นที่

(สำนักงานเกษตรจังหวัดเชียงใหม่, 2544)

2.2 ทฤษฎีการอบแห้ง

ในการอบแห้งวัสดุโดยทั่วไปนั้น จะใช้อากาศแห้งเป็นตัวกลางในการอบแห้ง ความร้อนจะถ่ายเทจากกระแสอากาศไปยังผิววัสดุ พร้อมๆกับการถ่ายเทมวลจากวัสดุไปยังอากาศ ความร้อนจากอากาศที่วัสดุได้รับนั้นจะเป็นตัวทำให้น้ำในวัสดุระเหย ซึ่งวัสดุที่เป็นสิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่มีโครงสร้างภายในเป็นรูพรุน ถ้าผิววัสดุมีปริมาณน้ำอยู่เป็นจำนวนมาก อุณหภูมิและความเข้มข้นของไอน้ำที่ผิววัสดุจะคงที่ ซึ่งถ้าอุณหภูมิ ความชื้น และความเร็วของกระแสอากาศมีค่าคงที่ จะส่งผลให้อัตราการถ่ายเทความร้อน และอัตราการอบแห้งคงที่ เมื่อผิววัสดุมีปริมาณน้ำลดลงมากอุณหภูมิและความเข้มข้นของไอน้ำที่ผิววัสดุย่อมเปลี่ยนแปลง โดยอุณหภูมิของวัสดุจะเริ่มสูงขึ้น และความเข้มข้นของไอน้ำที่ผิววัสดุจะลดลง ส่งผลให้อัตราการถ่ายเทความร้อน และอัตราการอบแห้งลด ความชื้นของวัสดุในขณะที่อัตราการอบแห้งเริ่มเปลี่ยนแปลงจากอัตราการอบแห้งคงที่ไปเป็นอัตราการอบแห้งลดลงความชื้นที่จุดนี้ เรียกว่า ความชื้นวิกฤต (สมชาติ, 2540) เมื่อความชื้นลดลงจะเกิดการแข็งตัวของผิวนอกเกิดเป็นเปลือกแข็งหุ้มในส่วนที่ยังไม่แห้ง ลักษณะเช่นนี้จะเกิดขึ้นในช่วงแรกที่มีการระเหยน้ำเร็วเกินไป ทำให้น้ำจากด้านในระเหยออกมาไม่ทัน หรือเกิดจากสารละลายน้ำตาล โปรตีนเคลื่อนที่มาแข็งตัวที่ผิวหน้า สามารถเลี่ยงได้โดยการใช้อุณหภูมิต่ำ และใช้อากาศที่มีความชื้นสูงเพื่อไม่ให้ผิวของอาหารแห้งจนเกินไป (วิไล, 2543)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2.1 อัตราการอบแห้ง

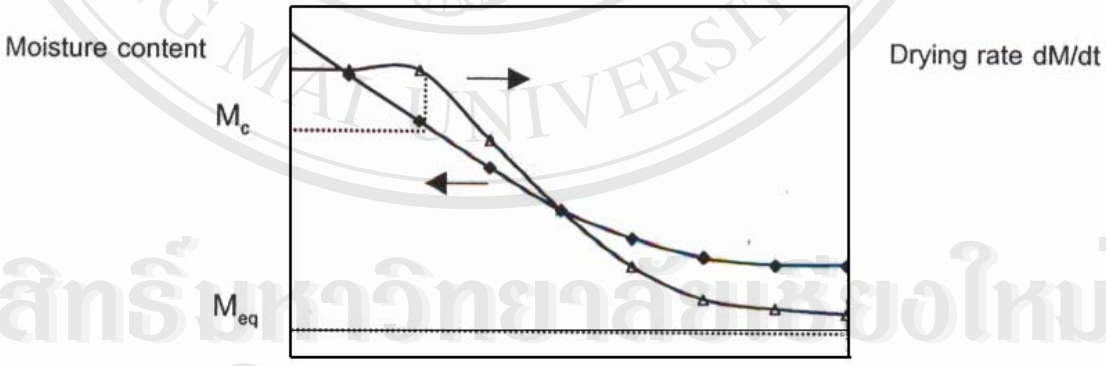
อัตราการอบแห้ง คือ การสูญเสียน้ำต่อหนึ่งหน่วยเวลา ลักษณะการเคลื่อนที่ของน้ำในอาหารซึ่งมีผลต่อ อัตราการอบแห้ง การอบแห้งอาหารนั้นสามารถแบ่งได้เป็น 2 ช่วง ตามอัตราการอบแห้งที่เกิดขึ้น

1. ช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ (Constant rate period)

ในระหว่างการอบแห้ง ถ้าอาหารมีลักษณะเป็นเนื้อโปร่งการเคลื่อนที่ของน้ำจะเป็นแบบการไหลผ่านช่องแคบ (Capillary flow) ทำให้น้ำที่อยู่ภายในอาหารเคลื่อนที่มาที่ผิวอาหารได้เร็วกว่าการระเหยกลายเป็นไอ จึงทำให้ผิวอาหารเปียกชุ่มด้วยน้ำ การระเหยของน้ำจึงเกิดขึ้นอย่างอิสระด้วยอัตราเร็วคงที่จึงเรียกการทำแห้งช่วงนี้ว่า ช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ ดังรูป 2.1

2. ช่วงอัตราการอบแห้งลดลง (Falling rate period)

เมื่อการเคลื่อนที่ของน้ำแบบการไหลผ่านช่องแคบหมดไป น้ำต้องเคลื่อนที่ด้วยการแพร่ซึ่งช้าลงมากจนน้ำเคลื่อนที่มาที่ผิวอาหารไม่เพียงพอผิวอาหารจึงแห้ง การระเหยเกิดขึ้นได้ช้าลง ทำให้อัตราการลดความชื้นลดลงจึงเรียกการลดความชื้นช่วงนี้ว่า ช่วงอัตราการอบแห้งลดลง ดังรูป 2.1



รูปที่ 2.1 กราฟการอบแห้งแบบอุดมคติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2.2 การเคลื่อนที่ของน้ำในระหว่างการอบแห้ง

ในระหว่างการอบแห้งจะมีการเคลื่อนที่ของน้ำภายในผลผลิตที่ผิว แล้วจึงระเหยกลายเป็นไอเคลื่อนที่ไปตามกระแสลม การเคลื่อนที่ของน้ำจากภายในผลผลิตออกมาที่ผิวเมื่อได้รับพลังงานความร้อนมี 2 วิธีคือ (ภัทวรา, 2542)

1. การเคลื่อนด้วยแรงผ่านช่องแคบ (Capillary force)

เป็นการเคลื่อนที่ผ่านเซลล์โปร่ง มีช่องว่างระหว่างเซลล์ต่อเนื่องกันเป็นทางแคบๆ เกิดเป็นแรงดันของน้ำขึ้นมาตามท่อ การเคลื่อนที่เกิดขึ้นได้สะดวก และรวดเร็ว แต่จะหยุดเมื่อน้ำในทางแคบๆ นั้นขาดตอนลง

2. การเคลื่อนที่ด้วยการแพร่ (Diffusion) ผ่านเซลล์

เป็นการเคลื่อนที่ของน้ำในผลผลิตที่มีเนื้อแน่น ไม่มีช่องว่างระหว่างเซลล์ที่ต่อเนื่องเป็นทางแคบๆ หรือเกิดในผลผลิตที่แห้งไประยะหนึ่งแล้ว ซึ่งแรงผ่านช่องแคบหมดไป น้ำจะต้องแพร่ผ่านเซลล์จึงทำให้เคลื่อนที่ผ่านไปได้ช้า

ปริมาณความชื้นในผลผลิต สามารถคำนวณได้ 2 วิธีดังนี้

1. ปริมาณความชื้นมาตรฐานเปียก (Wet basis) มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

$$Mw = \frac{(w - d)}{w} * 100 \qquad (2.1)$$

2. ปริมาณความชื้นมาตรฐานแห้ง (Dry basis) มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

$$Md = \frac{(w - d)}{d} * 100 \qquad (2.2)$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อ Mw = เปอร์เซ็นต์ความชื้น (มาตรฐานเปียก)

Md = เปอร์เซ็นต์ความชื้น (มาตรฐานแห้ง)

w = น้ำหนักเริ่มต้นก่อนอบแห้ง (kg)

d = น้ำหนักแห้ง (Dry matter) (kg)

การหาความชื้นในเมล็ดพืชและอาหารมี 2 วิธีคือ

1) วิธีตรง

การใช้ตู้อบ โดยวิธี Air oven method กรณีแรก เมล็ดพืชจะถูกบดให้ละเอียด อบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1-2 ชั่วโมง กรณีที่สอง ไม่มีการบดเมล็ดพืช อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72-96 ชั่วโมง (Hall, 1980) ซึ่งตัวเลขดังกล่าวเป็นเพียงข้อแนะนำ ซึ่งอ้างวิธีการหาความชื้นมาตรฐานของ Association of Official Agricultural Chemists (AOAC) หรืออาจใช้ตู้อบสุญญากาศ ซึ่งใช้เวลาในการอบหาความชื้นน้อยลง นอกจากนี้ยังใช้วิธีการกลั่น โดยวิธีการกลั่นที่เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไป คือ วิธีการกลั่นแบบ Brown – Duvel

2) วิธีอ้อม

การหาความชื้นของวัสดุอาจทำได้โดยการวัดคุณสมบัติบางอย่างซึ่งขึ้นอยู่กับความชื้น ได้แก่ ความต้านทานทางไฟฟ้า หรือคุณสมบัติทางไดอิเลคตริก (Dielectric) วิธีนี้เป็นวิธีที่สามารถทำได้รวดเร็ว อาจใช้เวลาเพียง 1 นาที เท่านั้น ข้อเสียคือ ความชื้นที่หาได้นั้นอาจไม่แม่นยำเท่าที่ควร นอกจากนี้คุณสมบัติเหล่านี้ยังแปรเปลี่ยนตามอุณหภูมิ และความหนาแน่นของการบรรจุได้อีกด้วยเครื่องมือเหล่านี้ควรได้รับการตรวจสอบความถูกต้องเป็นครั้งคราว

2.2.3 สมดุลพลังงานสำหรับการอบแห้ง

จากแนวคิดของ Brooker *et al*. (1992) ทำสมดุลพลังงานของอากาศกับความชื้นวัสดุ โดยสมมุติให้ความร้อนแฝงของการระเหยน้ำจากวัสดุชื้น มีค่าเท่ากับการเปลี่ยนแปลงความร้อนสัมผัสของอากาศ โดยที่ไม่มีการสูญเสียความร้อนผ่านทางผนังห้องอบ และไม่คิดความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างอากาศกับวัสดุ จะได้สมการ

$$m_w h_{fg} = \dot{m}_a C_a (T_d - T_f) t \quad (2.3)$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อ m_w = มวลของน้ำที่ระเหยออกจากวัสดุ (kg)

h_{fg} = ความร้อนแฝงของการระเหยน้ำ (kJ / kg)

$\dot{m}_a$ = อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (kg / s)

C_a = ความร้อนจำเพาะของอากาศ (kJ / kg ^oC)

T_d = อุณหภูมิอากาศก่อนอบแห้ง (^oC)

T_f = อุณหภูมิอากาศหลังอบแห้ง (^oC)

t = เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง (sec)

สำหรับปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากวัสดุ สามารถหาได้จากความสัมพันธ์ของสมการ ดังต่อไปนี้

$$m_w = w_i [1-(100-M_i)] / (100-M_f)] \quad (2.4)$$

เมื่อ m_w = มวลของน้ำที่ระเหยออกจากวัสดุวัสดุ (kg)

w_i = น้ำหนักเริ่มต้นของวัสดุ (kg)

M_i = ความชื้นเริ่มต้นของวัสดุ (%M_w)

M_f = ความชื้นสุดท้ายของวัสดุ (%M_w)

อัตราการลดความชื้นเฉลี่ย (Drying rate, DR) หาได้จากปริมาณความชื้นที่ระเหยออกต่อระยะเวลาซึ่งมีหน่วยเป็น เปอร์เซ็นต์ ต่อ ชั่วโมง

$$DR = (M_i - M_f) / t \quad (2.5)$$

2.3 การแปรรูปลำไยอบแห้งทั้งเปลือก

จากการสำรวจพบว่าโดยทั่วไปการอบแห้งลำไยทั้งเปลือกในปัจจุบันนิยมใช้เครื่องอบแห้งแบบไต้หวันมากที่สุด และเชื้อเพลิงที่ใช้ก็นิยมใช้แก๊สเป็นแหล่งให้กำเนิดพลังงานความร้อน Hall, (1980) กล่าวว่าการอบแห้งกระทำได้หลายแบบ แต่ได้สรุปการอบแห้งผลไม้ไว้ 2 แบบ คือ

1. แบบให้ความร้อนส่งผ่านโดยตรง จะให้อากาศเป็นตัวพาความร้อนไปโดยตรงโดยปราศจากเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ซึ่งวิธีนี้ขนาดของแหล่งกำเนิดพลังงานความร้อนจะต้องมีขนาดใหญ่ และอาจทำให้ผลผลิตเสียหาย เพราะผลกระทบจากควันที่เกิดจากการเผาไหม้โดยตรง ถ้าใช้เชื้อเพลิงประเภทที่ให้ควันมาก และยังทำให้เกิดมีกลิ่นเหม็นจากเชื้อเพลิงที่ใช้ติดไปยังผลิตภัณฑ์ที่นำมาลดความชื้นด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

2. แบบให้ความร้อนส่งผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแล้ว ให้อากาศผ่านพื้นผิวเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนผ่านเข้าไปยังผลผลิตเพื่อทำการอบแห้ง วิธีนี้เหมาะกับการอบแห้งผลไม้เพราะไม่มีผลกระทบเนื่องจากควันที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง แต่ วิธีนี้จะมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการค่อนข้างสูงกว่าวิธีแรก

การทำลำไยอบแห้งทั้งเปลือก โดยทั่วไปจะใช้เครื่องที่มีลักษณะการทำงานเหมือนแบบที่ 1 ในระหว่างการลดความชื้นจะต้องคำนึงถึงตัวแปรอื่นๆ ที่มีผลกระทบต่อคุณภาพลำไยหลังลดความชื้นด้วย เช่น อุณหภูมิที่ใช้ ความเร็วลมที่ใช้ ชนิดของเชื้อเพลิง ชั้นความหนา ปริมาณที่บรรจุในแต่ละครั้ง ขนาดของผลลำไย เป็นต้น

2.3.1 มาตรฐานลำไยอบแห้งทั้งเปลือก (ประกาศองค์การตลาดเพื่อเกษตรกร, 2545)

- ลักษณะต้องเป็นลำไยอบแห้งทั้งเปลือก
- ระยะเวลาในการอบไม่น้อยกว่า 48 – 52 ชั่วโมง
- ต้องเป็นลำไยอบแห้งที่ผลิตตามฤดูกาลผลิตลำไยในปีนั้น
- ต้องเป็นลำไยอบแห้งที่มีคุณภาพดีไม่มีเชื้อรา หรือ เสื่อมคุณภาพ ลักษะเปลือกต้องไม่มีรอยแตกร้าว หรือ เป็นรู เนื้อลำไยมีสีเหลืองทอง ต้องไม่มีสีดำ (เกิดจากการอบไหม้) เนื้อแห้ง จับดูแล้วไม่เหนียวติดมือ เมล็ดกรอบแตกง่าย มีความชื้นของเนื้อลำไยอบแห้ง ไม่เกินร้อยละ 13.5
- ลำไยอบแห้งที่มีความชื้นเกินกว่าร้อยละ 13.5 ของเนื้อลำไยอบแห้ง หรือ มีวัตถุอื่นเจือปน ไม่รับฝาก/จำนำ
- ลักษณะภายนอกของเนื้อลำไยอบแห้งแต่ละผล จะมีรอยบุบได้ไม่เกินอัตราส่วนร้อยละ 15 ของพื้นที่ผิวลำไยอบแห้งแต่ละผล และมีจำนวนผลบุบไม่เกินร้อยละ 15 โดยน้ำหนัก และยอมให้มีผลลำไยอบแห้งที่มีรอยบุบเกินร้อยละ 15 แต่ไม่เกินร้อยละ 20 ของพื้นที่ผิวลำไยอบแห้งแต่ละผล มีปริมาณผลบุบ ไม่เกินร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก

2.4 การเปลี่ยนแปลงของผลผลิตหลังการอบแห้ง

การเปลี่ยนแปลงหลังการอบแห้งของผลผลิตจะเกิดขึ้นมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับธรรมชาติของผลผลิตเอง และสภาวะที่ใช้ในการอบแห้ง ซึ่งก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงหลายประการคือ (สุคนธ์ชื่น, 2539)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

2.4.1 การหดตัว

การเสียน้ำทำให้เซลล์ของผลผลิตหดตัวจากผิวนอก ส่วนที่แข็งจะคงสภาพได้ ส่วนที่อ่อนกว่าจะเว้าลงไป ผลผลิตที่มีน้ำมากจะหดตัวบิดเบี้ยวมาก การอบแห้งที่ใช้อุณหภูมิ และอัตราการอบแห้งที่ต่ำกว่าจะให้ผลดีกว่าอุณหภูมิสูง ซึ่งอุณหภูมิที่สูงทำให้เกิด ปฏิกริยาทางเคมี และปฏิกริยาทางกายภาพที่ผิวหน้าของอาหารทำให้ผิวแห้งแข็ง หรือ ที่เรียกกันว่าการเกิดผิวแห้งแข็ง (Case hardening) ทำให้อัตราการลดความชื้นลดลง ผลผลิตทางด้านในจะมีความชื้นมากกว่าด้านนอกที่มีลักษณะผิวหน้าแข็ง

2.4.2 การเปลี่ยนสี

ผลผลิตที่ผ่านการทำแห้งมักมีสีเข้มเนื่องจากความร้อน หรือ ปฏิกริยาเคมีการเกิดสีน้ำตาล อุณหภูมิช่วงเวลาที่ผลผลิตมีความชื้นร้อยละ 10-20 เปอร์เซ็นต์ จะมีผลต่อความเข้มของสี จึงควรหลีกเลี่ยงการใช้อุณหภูมิสูงในช่วงความชื้นดังกล่าว

2.4.3 การเกิดเปลือกแข็ง (Case hardening)

เป็นลักษณะที่ผิวของผลผลิตแข็งตัวเป็นเปลือกหุ้มส่วนในซึ่งยังไม่แห้งไว้ การเกิดลักษณะเช่นนี้เนื่องจากในช่วงแรกมีการระเหยของน้ำที่ผิวผลผลิตเร็วเกินไป ทำให้น้ำจากด้านในระเหยออกมาไม่ทัน หรือ เกิดจากสารละลายน้ำตาล โปรตีนเคลื่อนที่มาแข็งตัวที่ผิวหน้า สามารถเลี่ยงได้โดยในช่วงแรกของการลดความชื้นให้ใช้อุณหภูมิต่ำและใช้อากาศที่มีความชื้นสูงเพื่อไม่ให้ผิวของอาหารแห้งจนเกินไป

2.4.4 การเสียความสามารถในการคืนสภาพ

อาหารแห้งบางชนิดต้องนำมาคืนสภาพก่อนที่จะนำมารับประทาน แต่การคืนสภาพโดยการเติมน้ำจะไม่ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเหมือนเดิม เพราะเซลล์ของผลิตภัณฑ์เสียความยืดหยุ่นของผนังเซลล์ โปรตีนก็เสียความสามารถในการดูดน้ำ

2.4.5 การเสียคุณภาพทางอาหารและสารระเหย

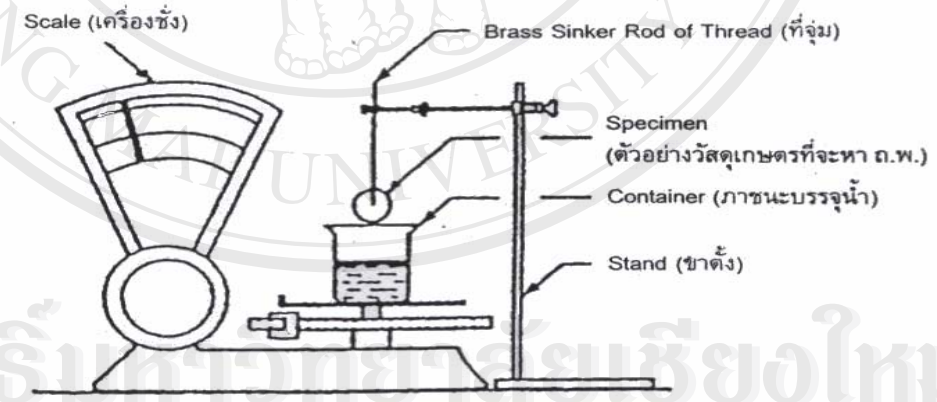
เป็นการเกิดการเสื่อมสลายของวิตามิน และแคโรทีนจากปฏิกริยาออกซิเดชั่นของไรโบฟลาวิน (Rhiboflavin oxidation) จากแสง ไทอะมีนจากความร้อน ถ้าใช้เวลาในการอบแห้งนาน การสูญเสียจะมากขึ้น โปรตีนมีการสูญเสียบางส่วนเนื่องจากความร้อน เช่นเดียวกับการสูญเสียสารระเหยเนื่องจากความร้อนส่งผลให้กลิ่นแตกต่างไปจากเดิม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

2.5 ปริมาตรและความถ่วงจำเพาะ

ความถ่วงจำเพาะ และความหนาแน่น เป็นตัวแปรคุณลักษณะทางกายภาพที่สำคัญในการออกแบบถังเก็บรักษา การอัดหญ้าหมักเชิงกล การแยกวัสดุที่ไม่ต้องการออกไป จากของผสมทางการเกษตร การหาความบริสุทธิ์ของเมล็ดพันธุ์ และใช้ในการคำนวณหาช่องว่างอากาศ และปริมาตรของเมล็ดพืช เนื่องจากรูปทรงของวัสดุเกษตรในธรรมชาติที่มีรูปทรงไม่แน่นอน

การหาปริมาตรของเมล็ดพืชในปัจจุบันนิยมใช้การหาปริมาตร โดยใช้วิธีแทนที่น้ำ (Platform scale) รูปที่ 2.2 แสดงชุดเครื่องมือวัดปริมาตร และความถ่วงจำเพาะประกอบด้วย ที่ยึดวัสดุที่จะหา ปริมาตร และความถ่วงจำเพาะ เครื่องชั่ง และภาชนะบรรจุน้ำ วิธีการก็คือ จะนำวัสดุที่จะนำมาหาปริมาตร และความถ่วงจำเพาะ มาชั่งน้ำหนักในอากาศก่อน หลังจากนั้นนำวัสดุจุ่มลงในน้ำให้ปริ่มพอดีระวังอย่าให้มีส่วนหนึ่งส่วนใดไปสัมผัสกับภาชนะที่บรรจุน้ำ จากนั้นนำค่าน้ำหนักที่อ่านได้จากเครื่องชั่งขณะที่วัสดุอยู่ในน้ำไปคำนวณหาปริมาตรจากกลศาสตร์ของๆ ไหล เราจะได้สมการ 2.7 (Mohsenin, 1978)



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ 2.2 อุปกรณ์หาความถ่วงจำเพาะและปริมาตรของวัสดุ

$$W_d = V_f S_w \rho \quad (2.6)$$

เมื่อ W_d = น้ำหนักของน้ำที่ถูกแทนที่

S_w = ความถ่วงจำเพาะของน้ำ

V_f = ปริมาตรของวัตถุ

ρ = ความหนาแน่นของน้ำ

2.6 ความเสียหายเชิงกล

Mohsenin, (1978) กล่าวไว้ว่า ความเสียหายเชิงกล คือความล้มเหลวของผลิตภัณฑ์ เมื่อมันเกิดการเปลี่ยนรูปที่มากเกินไปจากแรงที่มากระทำ

สำหรับเมล็ดธัญพืช และเมล็ดพันธุ์ ความเสียหายส่วนมากเกิดขึ้นในการนวด และการเคลื่อนย้ายเชิงกลด้วยอุปกรณ์ลำเลียงแบบต่างๆ ความเสียหายที่เข้าไปถึงเมล็ดใน (Kernel) ของเมล็ด มีอิทธิพลต่อคุณภาพการสี จะทำให้เสียหายมากเวลาร่อนด้วยตะแกรง ลดความสามารถในการงอก และการพัฒนาเป็นต้นกล้า ความเสียหายเชิงกลต่อเปลือกของถั่วลิสงจะเพิ่มโอกาสการขึ้นรา และสารพิษในระหว่างการเก็บรักษา

ความเสียหายจากแรงกระแทก มักจะเป็นการแตกร้าว นับตั้งแต่การแตกเป็นเสี่ยงๆ ของเมล็ดใน (Kernel) ไปจนถึงการแตกเป็นรอยขนแมวที่มองด้วยตาเปล่าไม่เห็น

สำหรับพวกผัก และผลไม้ ผู้แปรรูปจะต้องประสบปัญหากับต้นทุนที่สูงขึ้นเนื่องจากความสูญเสียเนื้อผัก และผลไม้ที่ต้องถูกคัดออกไป แรงงานที่ต้องเพิ่มเข้ามาเพื่อทำการคัดส่วนที่เสียออกไป ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นโดยอ้อมอันเกิดจากกระบวนการผลิตต้องทำงานช้าลง และคุณภาพของผลิตผลต้องลดลง

ความเสียหายเชิงกลมีได้สองประการ คือ แรงภายนอก ภายใต้สภาวะสถิตย์ หรือสภาวะพลวัต และแรงภายใน ตัวอย่างของสาเหตุแรก ได้แก่ ความเสียหาย ในผัก เมล็ดพันธุ์พืช เปลือกไข่ เป็นต้น ความเสียหายจากแรงภายในอาจจะเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เช่น การแปรเปลี่ยนของอุณหภูมิ ความชื้น การเปลี่ยนแปลงทาง ชีวะเคมี ตัวอย่างได้แก่ การแตกด้วยแรงเค้น (Stress cracks) ในข้าวโพด ข้าว การแตกด้วยความร้อนของเปลือกไข่ การแตกที่ผิวของผลมะม่วง ผลมะเขือเทศ มันเทศ เชอร์รี่หวาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ความล้มเหลวทางวัตถุวิศวกรรมอาจเป็นผลมาจาก การเปลี่ยนรูปจากการยืด หรือ หดมากเกินไป หรือ การแตกของวัสดุ สำหรับผลผลิตเกษตรถูกเก็บเกี่ยวมาใหม่ๆ (Intact) ความล้มเหลวอาจจะเห็นได้ว่าเป็นการแตกของโครงสร้างเซลล์ภายนอก หรือ ภายในของวัสดุนั้นๆ อย่างไรก็ตาม ความเสียหายเชิงกลเกิดขึ้นได้อย่างไรยังไม่มีการตรวจสอบให้รู้ได้อย่างแท้จริง (บัณฑิต, 2546)

2.6.1 ศัพท์และนิยามที่เกี่ยวข้องกับความเสียหายภายนอก

1. ถลอก (Abrasion) : การแยกของเปอริเดอม (Periderm) หรือ หนังไปจนถึงบางส่วน หรือ ทั้งหมดของเปอริไซคลิค คอเท็ก (Pericyclic cortex)

2. ช้ำ (Bruising) : ความเสียหายของเนื้อเยื่อของพืช จากแรงภายนอกทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของเนื้อเยื่อ และหรือในที่สุดทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี เช่น สี กลิ่น และ เนื้อสัมผัส (Texture) (ลักษณะของเนื้อทางกายภาพ)

3. บิดเบี้ยว (Distortion) : การเปลี่ยนแปลงในรูปร่างของผักผลไม้เก็บใหม่ (intact) ซึ่งไม่ใช่เป็นลักษณะประจำพันธุ์

4. แตก (Crack) : การแยกไม่สมบูรณ์ของส่วนต่างๆ

5. บาด (Cut) : การแทงทะลุ หรือ การแบ่งโดยสันที่คมของวัตถุ

6. รอยแทง (Puncture) : รู หรือบาดแผลเล็กๆ บนผิวของผลไม้ที่เกิดจากวัตถุปลายแหลม หรือ ขั้วของผลไม้อื่น

7. แตกกระจาย (Shatter crack) : ชิ้นที่แตกหนึ่ง หรือ หลายชิ้นแผ่กระจายออกไปจากจุดกระแทก

8. ปริ (Skin break) : การแยกของเปอริเดอม หรือ การแตกที่จำกัดอยู่ที่ผิว

9. ฉีก (Skinning and feathering) : การแยกของเปอริเดอมจากส่วนของต้นไม้ โดยการตะกุยการถู Feather จะหมายรวมถึง เปอริเดอมที่ถูกแยกออกไป อาจติดอยู่กับเปอริเดอมที่ยังไม่ได้แยกก็ได้

10. แตก/แยกออกเป็นเสี่ยงๆ (Split) : แบ่ง หรือ แยกเป็นส่วนๆ

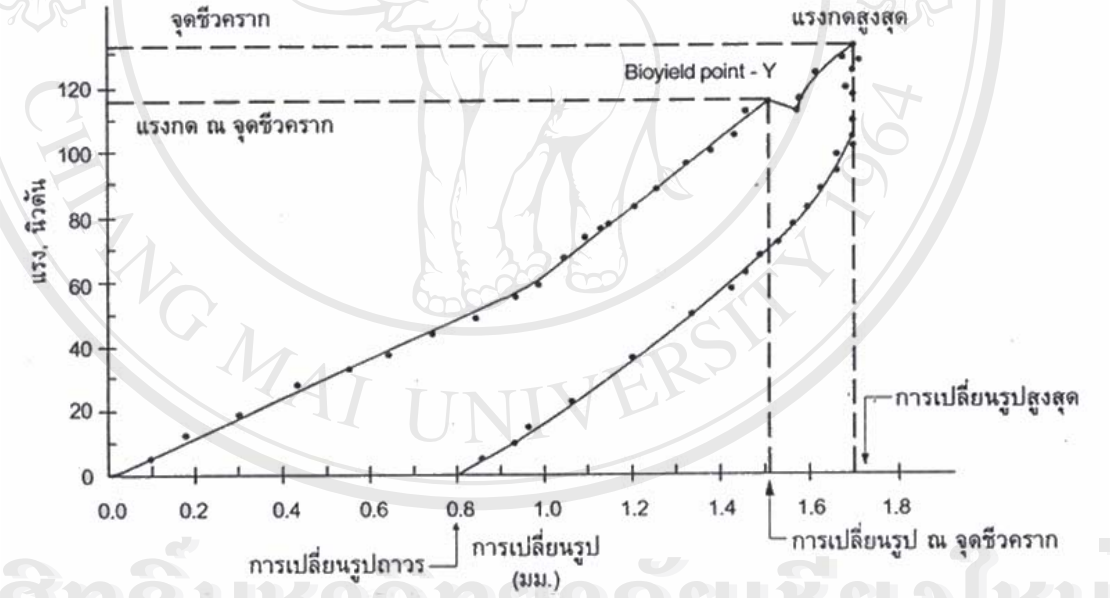
11. ปลายขั้วฉีก (Stem end tearing) : การแตกที่ผิวสืบเนื่องมาจากการแยกของขั้วผล

12. บวมแตก (Swell-cracking) : การแตกเนื่องจากการดูดน้ำของแรงดันออสโมซิส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

13. จุดชีวคราก (Bioyield point) หมายถึงจุดใดจุดหนึ่งบนกราฟความเค้น ความเครียด หรือ แรง การเปลี่ยนรูป ที่ซึ่งเมื่อการเปลี่ยนรูปเพิ่มขึ้นแรงอาจจะคงที่ หรือ ลดลง ในผลิตภัณฑ์เกษตรบางอย่างอาจเกิดจุดชีวคราก จะเป็นตัวกำหนดการเริ่มการแตกหักของเซลล์ในโครงสร้างของวัสดุ แสดงไว้ในรูปที่ 2.3

14. จุดแตก (Rupture point) หมายถึง จุดๆ หนึ่ง บนกราฟความเค้น ความเครียด หรือ แรง การเปลี่ยนรูปซึ่งวัสดุถูกกระทำตามแนวแกนจนแตก ในวัสดุชีวภาพการแตกหักดังกล่าวทำให้เกิดการแยกออกมาของผิววัสดุนั้น แสดงไว้ในรูปที่ 2.3



รูที่ 2.3 กราฟแสดงตำแหน่งต่างๆ ภายใต้แรงที่กระทำ ที่มา : บัณฑิต, (2546)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารนิยมวัดในแบบแรงสูงสุดที่ใช้ไป มีหน่วยเป็น นิวตัน (N) โดยใช้เครื่อง Instron ซึ่งส่วนใหญ่มักแสดงในรูปแรงเค้น (stress) ซึ่งเป็นองค์ประกอบของแรงที่กระทำต่อวัตถุ ในรูปของแรงต่อพื้นที่ และแรงเครียด (strain) คือผลของการเปลี่ยนแปลงในด้านรูปร่าง หรือ ขนาดอันเนื่องมาจากแรงที่กระทำต่อวัตถุนั้นๆ (Giese, 1995) สำหรับชนิดของแรงที่ใช้วัดลักษณะเนื้อสัมผัสของเปลือกลำไย คือ แรงกด (compression) ซึ่งเป็นแรงที่ส่งผลกระทบโดยตรงกับวัตถุ ในระหว่างการทดสอบเชิงกลต่างๆ ที่มีอยู่เกี่ยวกับชีววัสดุที่เป็นของแข็ง (Solid biomaterials) มีวิธีการทดสอบที่ง่ายที่สุด คือ การทดสอบแบบกด (Compression test) ของแข็งในรูปแบบธรรมชาติ ซึ่งจะถูกนำมาทดสอบการกดตามแนวแกน โดยใช้ดาย (die) ทรงกระบอก หรือ ลูกปืนเหล็ก หรือ แผ่นโลหะผิวเรียบแข็งเป็นอุปกรณ์ส่งภาระ (Loading devices) รูปแบบเหล่านี้มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีความเค้นสัมผัส (Malcoin, 1982)

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กระบวนการลดความชื้นที่มีผลต่อคุณภาพลำไยอบแห้งทั้งเปลือก

Klongpanich (1991) พบปัญหาการอบแห้งลำไยชั้นหนา คือ เนื้อลำไยแห้งไม่สม่ำเสมอจึงได้ทำการศึกษาตัวแปรของการอบ 3 ตัวแปร ได้แก่ อุณหภูมิที่ใช้ในการอบ อัตราการไหลเวียนของอากาศ และระยะชั้นความหนาที่ใช้อบโดยมีการสลับตะแกรงในแต่ละชั้น เปรียบเทียบระดับชั้นความหนาของลำไยในการอบแห้ง 3 ระดับ คือ 2.5 เซนติเมตร 25 เซนติเมตร และ 30 เซนติเมตร พบว่าที่ระดับชั้นความหนาน้อยสุดจะมีอัตราการลดความชื้นเร็วที่สุด และเมื่อทำการทดลองเพิ่มชั้นความหนาของลำไยพบว่าต้องใช้ระยะเวลาในการอบเพิ่มขึ้น ซึ่งที่ชั้นความหนา 2.5 เซนติเมตร ใช้เวลา 18 ชั่วโมง เมื่อเพิ่มชั้นความหนาขึ้นเป็น 25 เซนติเมตร และ 30 เซนติเมตร ก็ใช้เวลาในการอบเพิ่มขึ้นเป็น 22 ชั่วโมง และ 31 ชั่วโมงตามลำดับ

อุมาภรณ์ (2543) ทดลองลดความชื้นลำไยด้วยเครื่องอบแบบ Batch type ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ความเร็วลมที่ใช้ 0.7 เมตร/วินาที โดยไม่มีการกลับลำไย ใช้ลำไย 4 ขนาด คือ เกรด A B C และเกรดคละ พบว่าความหนาที่ชั้น 20 เซนติเมตร ให้ผลดีกว่าชั้นความหนา 40 และ 60 เซนติเมตร คือใช้เวลาในการลดความชื้นน้อยกว่า และคุณภาพลำไยดีกว่าด้วยการอบที่ชั้นความหนา 20 เซนติเมตร ใช้เวลาเฉลี่ยในการลดความชื้นจนเหลือ 18 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก เท่ากับ 26.09 ชั่วโมง ส่วนความหนา 40 เซนติเมตร และความหนา 60 เซนติเมตร ใช้เวลา 29.16 และ 35.00 ชั่วโมง ตามลำดับ และอีกการทดลองได้ทำการเปรียบเทียบขนาดผลลำไยพบว่าลำไยที่มีขนาดเล็กมีอัตราการลดความชื้นสูงกว่าลำไยที่มีผลขนาดใหญ่ในช่วงแรก จึงใช้เวลาในการลดความชื้นจนถึงเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่ต้องการเร็วกว่า โดยที่ความหนา 20 เซนติเมตร ทดลองกับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ลำไยเกรด A, B, C และเกรดคละ ใช้เวลาในการลดความชื้น เท่ากับ 27.75, 26.44, 25.21 และ 24.96 ชั่วโมงตามลำดับ ที่ชั้นความหนา 40 เซนติเมตร ใช้เวลาในการลดความชื้น เท่ากับ 32.79, 28.49, 26.28 และ 29.07 ชั่วโมงตามลำดับ และที่ชั้นความหนา 60 เซนติเมตร ใช้เวลาในการลดความชื้นเท่ากับ 40.38, 35.91, 30.15 และ 33.55 ชั่วโมงตามลำดับ ในการศึกษาพบว่าเมื่ออบที่ความหนาเดียวกัน คุณภาพลำไยแต่ละเกรดไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ถ้าใช้ความหนามากขึ้น คือ 60 เซนติเมตร จะมีผลกับสีของเปลือกลำไยหลังอบ

ศุภศักดิ์ (2544) ได้ศึกษาในเรื่องชั้นความหนาของการอบลำไยโดยพัฒนาเครื่องอบแห้งลำไยทั้งเปลือกด้วยระบบสลับหมุนเวียนลมร้อน ระบบการทำงานของเครื่องมีการสลับทิศทางการเข้าออกของลมเป่าความชื้นออกทางด้านบนและด้านล่างสลับกัน ใช้ชั้นความหนาของการทดลองที่ 20 เซนติเมตร 40 เซนติเมตร และ 60 เซนติเมตร โดยใช้อุณหภูมิในการอบที่ 75 องศาเซลเซียส และความเร็วลมที่ 0.6 เมตรต่อวินาที พบว่า ลำไยชั้นล่างจะมีความชื้นลดลงเร็วกว่าชั้นกลางและชั้นบน อย่างไรก็ตาม เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ความชื้นสุดท้ายของลำไยอบแห้งทั้ง 3 ชั้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และในการอบชั้นหนา 60 เซนติเมตรแม้จะใช้ระยะเวลาในการอบแห้งมากกว่าการอบที่ชั้นความหนา 40 เซนติเมตรก็ตาม แต่ในด้านคุณภาพไม่มีความแตกต่างกัน ดังนั้นการอบแห้งด้วยความลึก 60 เซนติเมตร จะดีกว่าในเรื่องของปริมาณการอบแห้งที่ได้ในแต่ละครั้งของการอบแห้ง

รัตนา (2543) ใช้กรรมวิธีในการทำลำไยอบแห้งทั้งเปลือกโดยการลดอุณหภูมิลงเมื่อเวลาการลดความชื้นผ่านไป ในการอบแห้งเริ่มใช้อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง ในช่วงแรกของการอบจากนั้นทำการลดอุณหภูมิของอากาศลงเหลือ 75 องศาเซลเซียส อบต่อไปจนสิ้นสุดการทดลอง แล้วเป่าลมเย็นจนลำไยอบแห้งเย็นลง จะได้ลำไยที่มีความชื้นประมาณ 18-20 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก ซึ่งสอดคล้องกับการอบลำไยของ ประหยัด (2540) ซึ่งอบลำไยทั้งเปลือกโดยใช้อุณหภูมิในการลดความชื้นเริ่มต้นที่ 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง แล้วลดอุณหภูมิของอากาศลงให้เหลือ 70 องศาเซลเซียส และสลับชั้นบน และชั้นล่าง อบต่อเนื่องกันเป็นเวลา 18 ชั่วโมงแล้วสลับชั้นอีกครั้งหนึ่ง สุ่มตัวอย่างเพื่อตรวจสอบคุณภาพลำไยถ้าได้ความชื้นที่ต้องการแล้วจึงหยุดการทดลอง

ดำรง (2541) พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่ของอำเภอดอยหล่อ (ร้อยละ 94.70) ใช้ระยะเวลาในการลดความชื้นลำไยนานกว่า 40 ชั่วโมง โดยกรรมวิธีการอบลำไยของเกษตรกรนั้นจะใช้อุณหภูมิ 85-90 องศาเซลเซียส ในช่วงแรก และใช้ระยะเวลาในการอบแห้งช่วงแรก 15-18 ชั่วโมง ในช่วงที่ 2 ลดอุณหภูมิลงเหลือ 75-80 องศาเซลเซียส อบต่อเนื่องนาน 13-16 ชั่วโมง จนสิ้นสุดการทดลอง ซึ่งแตกต่างจากเกษตรกรในเขตอำเภอป่าซาง ที่ใช้อุณหภูมิในการอบแห้ง 80

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

องศาเซลเซียส นาน 18 ชั่วโมง แล้วจึงพลิกกลับกองลำไย จากนั้นลดอุณหภูมิลงเหลือ 70 องศาเซลเซียส แล้วอบต่อไปอีก 16 ชั่วโมงจึงกลับกองลำไยครั้งที่ 2 จากนั้นค่อยๆ ลดอุณหภูมิลงเหลือ 60 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลาในการอบต่อเนื่องไปอีก 14 ชั่วโมง เป็นการเสร็จสิ้นการอบลำไยของเกษตรกร

Sitthipong (1989) ทดลองอบลำไยทั้งลูก ความชื้นเริ่มต้นประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก ให้ลดลงเหลือ 50 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก โดยใช้อุณหภูมิ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 0.95 เมตรต่อวินาที จะใช้เวลาในการลดความชื้น 44, 34 และ 18 ชั่วโมง ตามลำดับ

พิเชษฐ์ (2546) ทดลองลดความชื้นลำไยอบแห้งทั้งเปลือกโดยเครื่องอบแห้งแบบสลับทิศทางลมร้อน เพื่อหาระยะเวลาในการสลับลม และความเร็วลมต่ออัตราการลดความชื้นที่มีผลกับคุณภาพลำไยอบแห้งทั้งปลือก ใช้อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส ชั้นความหนา 60 เซนติเมตร ระยะเวลาสลับลมทุกๆ 6, 9 และ 12 ชั่วโมง เทียบกับการสลับกล่องลำไยแต่ละชั้นทุกๆ 12 ชั่วโมง และใช้ความเร็วลม 0.3, 0.6 และ 0.9 เมตรต่อวินาที ใช้ลำไย 2 เกรด คือ เกรด A และ B ผลการทดลองพบว่า ระดับความเร็วลมที่ 0.6 และ 0.9 เมตรต่อวินาที จะมีผลใกล้เคียงกัน และมีความเหมาะสมกว่าที่ระดับความเร็วลม 0.3 เมตรต่อวินาที ดังนั้นการลดความชื้นลำไยอบแห้งทั้งเปลือกโดยเครื่องอบแห้งสลับทิศทางลมร้อนที่เหมาะสมที่สุด คือ การลดความชื้นโดยใช้ระดับความเร็วลม 0.6 เมตรต่อวินาที และให้มีการสลับลมทุกๆ 6 ชั่วโมง ซึ่งวิธีนี้จะใช้ระยะเวลาในการลดความชื้นประมาณ 38 ชั่วโมง ในการลดความชื้นลำไยทั้งเปลือกจากความชื้นเริ่มต้นประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก จนเหลือความชื้นสุดท้าย ประมาณ 18 เปอร์เซ็นต์ มาตรฐานเปียก คุณภาพลำไยอยู่ในเกณฑ์ที่ดี

งานพัฒนาสถาบันเกษตรกร (2540) กล่าวถึงมาตรฐานและคุณลักษณะของลำไยอบแห้งว่า ลำไยอบแห้งทั้งเปลือก ต้องมีลักษณะภายนอกหลังทำการอบ คือ ผลต้องไม่มีรอยบุ๋มและรอยแตกบริเวณผิวของลำไย ผิวเป็นสีเหลืองน้ำตาลนวล ความชื้นของลำไยอบแห้งต้องมีความชื้นต่ำกว่า 18 เปอร์เซ็นต์ ต้องมีรสหวานไม่มีรสขม หรือ ไหม้ และมีกลิ่นหอม

Aree *et al.* (2000) ได้ทดลองแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการอบแห้งเนื้อลำไยแบบชั้นบาง โดยใช้สมการการแพร่ (Diffusion equation) เป็นพารามิเตอร์หลักในการทำนายการถ่ายเทความชื้นออกจากผลผลิตในขณะการอบแห้ง ซึ่งพบว่าการหดตัวเชิงปริมาตรของเนื้อลำไยหลังอบที่ความชื้น 20 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก มีประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ ในการสร้างแบบจำลองการแพร่ของน้ำ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับความชื้นมาตรฐานแห้ง และอุณหภูมิ สัมประสิทธิ์การแพร่ จะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจากค่าความชื้นที่ต่ำที่สุด จนถึง 280 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

และจากนั้นจะมีค่าลดลง สมการในลักษณะเช่นนี้เป็นที่ยอมรับกันในการอบแห้งผลผลิตทางการเกษตรหลายๆ ชนิด

เบญจมาศ (2544) ศึกษาเนื้อสัมผัสของเปลือก และเนื้อลิ้นจี่ที่แก่เต็มที่ และแก่ไม่เต็มที่พบว่ามีค่าแรงกดที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าแรงกดเท่ากับ 14.76 และ 15.44 นิวตัน ตามลำดับ แสดงว่าเปลือกของผลลิ้นจี่ทั้งสองระยะมีลักษณะความแข็งไม่แตกต่างกัน ส่วนการวัดเนื้อสัมผัสของเนื้อลิ้นจี่ พบว่า ค่าแรงเฉือน ของเนื้อลิ้นจี่จากผลลิ้นจี่ที่แก่เต็มที่ และเนื้อลิ้นจี่จากผลลิ้นจี่ที่แก่ไม่เต็มที่ มีค่าเท่ากับ 13.96 และ 14.14 นิวตัน ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าเนื้อลิ้นจี่มีลักษณะเนื้อสัมผัสไม่แตกต่างกัน

วิไล (2543) พบว่าการทำแห้งอย่างรวดเร็วจะทำให้อาหารหดตัวน้อยกว่าการทำแห้งอย่างช้าๆ ซึ่งการอบแห้งอย่างรวดเร็วโดยใช้อุณหภูมิสูงจะทำให้เกิดปฏิกริยาทางเคมีและปฏิกริยาทางกายภาพที่ผิวหน้าของอาหารทำให้ผิวแห้งแข็ง หรือ เรียกกันว่าการเกิดผิวแห้งแข็ง (Case hardening) ซึ่งทำให้อัตราการลดความชื้นลดลงอาหารด้านในจะมีความชื้นมากกว่าด้านนอกที่มีลักษณะผิวหน้าแข็ง

ปัญหาที่เกษตรกรที่ผลิตลำไยอบแห้งเป็นอาชีพพบในการอบแห้งลำไยทั้งเปลือกปัจจุบันนอกจากเรื่องราคาที่ตกต่ำแล้ว อีกเรื่องที่ยังไม่ได้รับการแก้ไขอย่างจริงจังคือ ผลผลิตที่ออกมาได้รับความเสียหายเป็นอย่างมากเนื่องจากผลลำไยที่อบแห้งออกมาแล้ว มีปริมาณการแตก และบุบของผลลำไยที่สูงมาก ซึ่งในแต่ละรายที่ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจมา จะพบมาก หรือ น้อยไม่เท่ากัน แต่ปริมาณการเสียหายที่ได้สอบถามจากเกษตรกร พบว่าในแต่ละเตาการผลิตต้องสูญเสียไม่น้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่มักจะพบความเสียหายอยู่เสมอ คือ เกิดการแตกของเปลือกในส่วนโหนกใกล้กับขั้วผล และอีกส่วนคือการบุบของผลลำไยตรงบริเวณด้านล่างของผล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved