บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

2.1 ลักษณะทางพฤษศาสตร์

ลำไย (Longan) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Dimocarpus longan Lour. อยู่ในวงศ์ Sapindaceae. (กรมวิชาการเกษตร,2541) ซึ่งมีลักษณะใกล้เคียงกับผลไม้ชนิดอื่นที่อยู่ในตระกูลเดียวกันคือ ลิ้นจี่และเงาะมากที่สุด ลักษณะของลำไยโดยทั่วไปเป็นดังนี้ (กลุ่มเกษตรสัญจร, 2530)

ลำต้น มีขนาดปานกลางถึงใหญ่ เมื่อเจริญเติบโตเต็มที่มีทรงพุ่มสูงประมาณ 100 - 120 เซนติเมตร ลักษณะเปลือกลำต้นขรุขระ มีสีเทาหรือสีปนน้ำตาลแตกเป็นสะเก็ด

กิ่งก้าน จะแตกออกรอบๆต้นแตกสาขามากมาย ทำให้เบียดกันแน่นถ้าไม่ได้รับการตัดแต่งกิ่ง

ใบ เป็นแบบใบรวมมีก้านใบยาวประมาณ 6 - 12 เซนติเมตร มีใบย่อยประมาณ 2 - 5 คู่หรือมากกว่า ใบแต่ละใบกว้างประมาณ 3 - 6 เซนติเมตร ยาว 7-15 เซนติเมตร ด้านบนใบมีสีเขียวเข้มเป็นมันมากกว่าหลังใบ

ดอก ออกเป็นช่อดอกมีขนาดใหญ่ รูปทรงกรวย ก้านของช่อดอกอวบ แข็งแรงเหยียดตรง ดอกมีสีขาวนวล ในช่อหนึ่งๆจะมีทั้งดอกตัวผู้และดอกกะเทย

ผล มีลักษณะของผลทั้งทรงผลกลมและเบี้ยว เปลือกสีน้ำตาลปนเหลืองหรือสีเขียวปนน้ำตาล ขึ้นอยู่กับพันธุ์ลำไย เมื่อแก่จัดจะมีผิวค่อนข้างเรียบ ส่วนเนื้อภายในมีสีขาวคล้ายวุ้นมีรสหอมหวาน เนื้อจะหนาหรือบางขึ้นกับพันธุ์ ภายในเนื้อจะมีเมล็ดมีลักษณะสีน้ำตาลดำเป็นมันเรียบ ด้านบนของเมล็ดมีจุดขาวคล้ายกับตาเรียกว่า Dragon's eye

2.2 ทฤษฎีการอบแห้ง

สมชาติ (2535) ได้อธิบายถึงทฤษฎีการอบแห้งว่าคือ กระบวนการลดความชื้นซึ่งส่วนใหญ่ใช้วิธีการถ่ายเทความร้อนไปยังวัสดุที่มีความชื้น เพื่อไล่ความชื้นออกโดยการระเหยโดยใช้ความร้อนที่ได้รับเป็นความร้อนแฝงของการระเหย ความร้อนจะถ่ายเทจากกระแสอากาศไปยังผิววัสดุ ความร้อนส่วนใหญ่ถูกใช้ไปในการระเหยน้ำ ในขณะเดียวกันไอน้ำจะเคลื่อนที่จากบริเวณผิววัสดุมายังกระแสอากาศ ถ้าผิววัสดุมีปริมาณน้ำอยู่จำนวนมาก อุณหภูมิและความเข้มข้นของไอน้ำที่ผิวก็จะคงที่ ซึ่งส่งผลให้อัตราการถ่ายเทความร้อนและอัตราการอบแห้งคงที่ด้วย

ถ้าอุณหภูมิ ความชื้น และความเร็วของกระแสอากาศมีค่าคงที่ เมื่อผิววัสดุมีปริมาณน้ำลดลงมากแล้วอุณหภูมิและความเข้มข้นของไอน้ำที่ผิววัสดุย่อมเปลี่ยนแปลงไป โดยที่อุณหภูมิจะสูงขึ้นและความเข้มข้นจะลดลง ซึ่งส่งผลให้อัตราการถ่ายเทความร้อนและอัตราการอบแห้งลดลง ความชื้นที่อยู่ระหว่างช่วงอัตราการอบแห้งคงที่และช่วงอัตราการอบแห้งลดลงเรียกว่า ความชื้นวิกฤต (รูปที่ 2.1) วัสดุการเกษตรส่วนใหญ่มักมีโครงสร้างภายในเป็นรูพรุน ซึ่งสามารถแบ่งการอบแห้งได้เป็น 2 ช่วง คือ ช่วงแรกในขณะที่มีความชื้นสูงอยู่ การอบแห้งมักเป็นแบบอัตราการอบแห้งคงที่ เมื่อวัสดุมีความชื้นลดต่ำลงจนถึงความชื้นวิกฤต น้ำจากภายในวัสดุจะเคลื่อนที่มายังผิววัสดุในรูปของของเหลวหรือไอน้ำ แล้วจึงระเหยเคลื่อนที่ไปยังกระแสอากาศ การเคลื่อนที่ของน้ำในรูปของเหลวจะเกิดขึ้นในระยะแรก ขณะที่วัสดุยังมีความชื้นสูงพอประมาณเมื่อความชื้นลดต่ำมากแล้วน้ำอาจเคลื่อนที่ในรูปของไอน้ำ

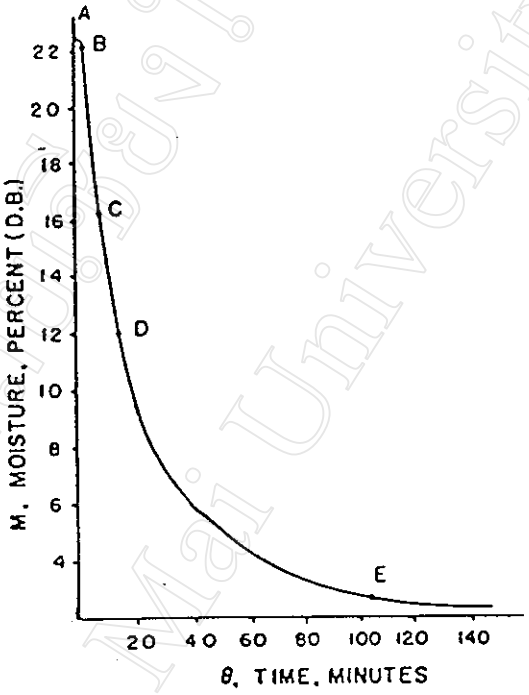
ช่วงอัตราการอบแห้งคงที่

การถ่ายเทความร้อน และมวลระหว่างวัสดุและอากาศ เหมือนกับการถ่ายเทความร้อนและมวลที่เกิดขึ้นที่กระเปาะเปียกของเทอร์โมมิเตอร์ การถ่ายเทความร้อนและมวลจะเกิดขึ้นที่ผิวนอกของวัสดุเท่านั้น น้ำจะเกาะที่ผิวของวัสดุเป็นจำนวนมาก เมื่อเพิ่มความเร็วลมที่ไหลผ่านวัสดุจะทำให้ฟิล์มอากาศนิ่งมีความหนาลดลง เป็นผลให้ความต้านทานต่อการไหลของความร้อนและมวลลดลงด้วย เมื่อเพิ่มอุณหภูมิของการอบแห้ง จะทำให้ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างที่ผิววัสดุและของกระแสอากาศที่ไหลอย่างอิสระมีมากขึ้น เป็นผลให้การถ่ายเทความร้อนและมวลดีขึ้น และเมื่อลดค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศอบแห้ง จะเป็นผลให้ความแตกต่างระหว่างอัตราส่วนความชื้นอิ่มตัวที่ผิววัสดุและอัตราส่วนความชื้นของกระแสอากาศที่ไหลอย่างอิสระมีมากขึ้น ทำให้เกิดการถ่ายเทมวลดีขึ้น ตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ คือ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม

ช่วงอัตราการอบแห้งลดลง

ในช่วงอัตราการอบแห้งลดลง ความชื้นของวัสดุมีค่าต่ำกว่าความชื้นวิกฤต การถ่ายเทความร้อนและมวลมิได้เกิดขึ้นเฉพาะที่ผิววัสดุเท่านั้น แต่เกิดภายในเนื้อของวัสดุด้วย การเคลื่อนที่ของน้ำจากภายในวัสดุมายังผิวช้ากว่าการพาความชื้นจากผิววัสดุไปยังอากาศ ทำให้อัตราการอบแห้งลดลง อัตราการระเหยน้ำจะถูกควบคุมโดยความต้านทานต่อการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของน้ำในวัสดุ ในขณะนั้นอุณหภูมิของวัสดุมีค่าสูงขึ้น และสูงกว่าอุณหภูมิกระเปาะเปียก เมื่อลดค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศอบแห้ง จะเป็นผลให้เกิดความแตกต่างระหว่างอัตราส่วนความชื้นเพิ่มขึ้น และมีผลให้ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิหรือลดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศแล้ว จะเป็นผลให้การถ่ายเทความร้อนและมวลดีขึ้น เมื่อเพิ่ม

ความเร็วลมจะพบว่า ความหนาของฟิล์มอากาศนิ่งมีค่าลดลง เป็นผลให้ความต้านทานลดลง เนื่องจากความต้านทานที่ฟิล์มอากาศมีค่าน้อย เมื่อเทียบกับความต้านทานตัวอื่น ดังนั้นจึงไม่มีผลต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนและมวลมากนัก



รูปที่ 2.1 Drying Rate curve (Hall, 1980)

A – B = ระยะของการเพิ่มความร้อน

B – C = ช่วงอัตราการอบแห้งคงที่

C = จุดความชื้นวิกฤต

C – D = ช่วงอัตราการอบแห้งลดลงระยะแรก

D – E = ช่วงอัตราการอบแห้งลดลงระยะที่สอง

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

ความชื้นสมดุล (Equilibrium Moisture Content)

ความชื้นสมดุลของวัสดุมีความสำคัญต่อกระบวนการอบแห้งเพราะเมื่อทำการอบแห้งวัสดุโดยใช้อากาศที่สภาวะคงที่ (อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์คงที่) ความชื้นของวัสดุจะลดลงต่ำจนถึงจุดๆหนึ่ง ซึ่งไม่เปลี่ยนแปลง ในขณะนั้นความชื้นในวัสดุมีความดันไอเท่ากับความดันไอของบรรยากาศที่อยู่รอบๆ และอุณหภูมิของวัสดุก็เท่ากับอุณหภูมิของอากาศรอบๆด้วย ซึ่งเรียกความชื้นในขณะนั้นว่า ความชื้นสมดุล ค่าความชื้นสมดุลขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง ความชื้นสมดุลขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุ อุณหภูมิและ Water activity ของวัสดุนั้น ค่า Water activity หรือ ความชื้นสัมพัทธ์สมดุล (Equilibrium Relative Humidity, ERH) ของวัสดุจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1

ความชื้นสัมพัทธ์สมดุล (ERH) = (100) x Aw (Robinson ,1965)

ค่า Aw คำนวณ ได้จาก $Aw = P_w / P_{wo}$

P_w = ความดันไอของน้ำที่สมดุลกับอาหาร, Pa

P_{wo} = ความดันไอของน้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิเดียวกัน, Pa

ความชื้นในวัสดุ เป็นตัวบอกปริมาณน้ำที่มีอยู่ในวัสดุมักจะถูกนิยามให้อยู่ในรูปของอัตราส่วนเทียบกับมวลวัสดุ นิยมบอกในรูปของเปอร์เซ็นต์ (%) ซึ่งสามารถแยกได้เป็น 2 แบบ (วิวัฒน์และชลทิศ, 2533) คือ

ความชื้นมาตรฐานเปียก, M_w (Wet basis)

จะใช้น้ำหนักของวัสดุชื้น (ก่อนการทำการไล่ความชื้นออก) เป็นมาตรฐานของการคำนวณ

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

ความชื้นมาตรฐานแห้ง, M_d (Dry basis)

ในกระบวนการอบแห้ง น้ำหนักของวัสดุเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา เพื่อความสะดวกจะใช้น้ำหนักของวัสดุแห้งเป็นมาตรฐานการคำนวณ

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

เมื่อ M_w หมายถึง ความชื้นมาตรฐานเปียก,%

M_d หมายถึง ความชื้นมาตรฐานแห้ง,%

w หมายถึง น้ำหนักสดของวัสดุ,กิโลกรัม

d หมายถึง น้ำหนักของวัสดุแห้ง (ไม่มีความชื้น), กิโลกรัม

จากสมการ (1) และ (2) ทำให้ทราบว่าความชื้นมาตรฐานเปียกนั้น จะมีค่าไม่เกิน 100% ส่วนความชื้นมาตรฐานแห้งนั้นอาจมีค่าเกิน 100% ก็ได้

สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นทั้ง 2 มาตรฐาน มีดังนี้

$$M_w = (100 \times M_d) / (100 + M_d) \quad \text{หรือ} \quad (3)$$

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

ในการลดปริมาณความชื้นออกจากผลิตผล ก็คือการกำจัดน้ำออกจากผลิตผลนั่นเอง ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$d = [w \times (100 - M_i)] / (100 - M_f) \quad (5)$$

โดยที่ M_i หมายถึง ปริมาณความชื้นมาตรฐานเปียกเริ่มต้น,%

M_f หมายถึง ปริมาณความชื้นมาตรฐานเปียกสุดท้าย,%

สำหรับปริมาณน้ำที่ต้องกำจัดออกไป มีค่าดังสมการ

$$W_w = w - d \quad (6)$$

โดยที่ W_w หมายถึง น้ำหนักของน้ำที่ถูกกำจัดออก, กิโลกรัม

2.3 กรรมวิธีการผลิตลำไยอบแห้ง และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.3.1 พันธุ์ลำไยในประเทศไทยที่นิยมนำมาทำลำไยอบแห้ง

ทองวัน (2541) กล่าวว่าการอบแห้งลำไยสามารถใช้ลำไยทุกชนิด ซึ่งแต่ละพันธุ์มีความแตกต่างกันไป พันธุ์ลำไยที่นำมาทำการอบแห้งได้แก่

1.พันธุ์ดอหรือพันธุ์อีดอ เป็นพันธุ์เบา เก็บเกี่ยวช่วงปลายเดือนมิถุนายนถึงกรกฎาคม ลักษณะผลค่อนข้างใหญ่ เปลือกสีน้ำตาลและหนา เนื้อสีขาวขุ่น รสหวาน มีน้ำน้อย ซึ่งรัตนาและคณะ(2520) ได้กล่าวว่าพันธุ์ดอเป็นพันธุ์ที่เหมาะสมในการอบแห้งทั้งเปลือกและเนื้อ เพราะเมื่ออบแห้งได้ที่แล้วสีเปลือกและเนื้อมีสีเหลืองทอง ได้น้ำหนักมากกว่าพันธุ์อื่นๆ

2. พันธุ์แห้วหรือพันธุ์อีแห้ว เป็นพันธุ์กลาง เก็บเกี่ยวช่วงกลางเดือนสิงหาคมแต่มักให้ผลปีเว้นปี ลักษณะผลสีคล้ำ เปลือกหนา เมล็ดกลมแบน เนื้อหนา รสหวานจัด

3. พันธุ์ชมพูหรือพันธุ์สีชมพู เป็นพันธุ์กลาง เก็บเกี่ยวช่วงเดือนสิงหาคม ลักษณะผลเบี้ยวเล็กน้อย เปลือกหนามาก ผิวของผลเป็นสีน้ำตาลแดงเรียบ เนื้อสีขาว เมื่อผลแก่เต็มที่จะมีสีชมพูเรื่อๆที่ผิวเนื้อ กรอบล่อน เมล็ดเล็ก น้ำน้อย ติดผลยาก เกษตรกรนิยมปลูกน้อย

4. พันธุ์เบี้ยวเขียวหรืออีเบี้ยวเขียว เป็นพันธุ์หนัก เก็บเกี่ยวช่วงปลายเดือนสิงหาคมถึงเดือนกันยายน ไม่ต้านทานโรคช่อกระจุกหรือโรคพุ่มไม้กวาด ลักษณะผลเบี้ยวเห็นเด่นชัดกว่า

พันธุ์อื่นๆ ผลมีสีเขียว เนื้อสีขาวครีม กรอบล่อน้ำน้อย รสหวานจัด มีกลิ่นหอม ติดผลยาก มักติดผลปีเว้นปีแต่ติดผลดก

2.3.2 อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง

ในกระบวนการอบแห้งเพื่อให้ได้คุณภาพที่ดีต้องคำนึงถึงตัวแปรต่างๆที่มาเกี่ยวข้องด้วย ดังนั้นรัตนาและคณะ (2520) ได้ศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบลำไยแต่ละพันธุ์โดยพิจารณาถึงรส กลิ่น สี ตลอดจนลักษณะของเนื้อภายหลังการคืนรูปของลำไยแห้ง พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้งลำไยแบบแกะเปลือกสำหรับพันธุ์ดอคือที่ 150 ^{o}F (65.5 ^{o}C) ใช้ระยะเวลาในการอบประมาณ 28 – 30 ชั่วโมง มีความชื้นประมาณ 11 – 13 %(w.b.) จะได้ลำไยอบแห้งมีรูปร่างลักษณะยังคงเป็นผล มีสีน้ำตาลอ่อน มีกลิ่นหอม สามารถคืนรูปได้ดีเมื่อนำมาต้มทำน้ำลำไย คุณภาพที่ได้จะดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์อื่นๆ

การแปรรูปลำไยอบแห้งได้รับความนิยมและเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งในประเทศและต่างประเทศ รัตนาและคณะ(2541) ได้วิจัยเรื่องอุตสาหกรรมแปรรูปลำไย พบว่าการอบแห้งลำไยแบบแกะเปลือกใช้อุณหภูมิและระยะเวลาในการอบที่แตกต่างกันไปตามชนิดของเตาหรือตู้อบ ทำให้คุณภาพลำไยที่ได้แตกต่างกันโดยเฉพาะเรื่องสีของเนื้อลำไยอบแห้งซึ่งมีสีตั้งแต่สีเหลืองทองจนถึงสีดำ จึงได้มีการพัฒนาและเผยแพร่ทั้งในรูปการประชุมเชิงปฏิบัติการและสัมมนาทางวิชาการจัดโดยหน่วยงานของรัฐเกี่ยวกับการทำลำไยให้ได้เนื้อสีทอง โดยแนะนำให้นำลำไยที่คว้านเมล็ดออกแล้วล้างน้ำ จากนั้นแช่ในสารละลายโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ 30 กรัมต่อน้ำ 10 ลิตร ต่อเนื้อลำไย 10 กิโลกรัม ใช้อุณหภูมิในการอบ 70 ^{o}C เป็นเวลา 12 – 15 ชั่วโมง

การศึกษาคุณลักษณะของการอบแห้งลำไยพันธุ์ดอโดย ชูชาติและพิสิฐ (2540) ได้หาค่าคงที่ในการอบแห้งลำไยที่อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ต่างๆกันของลำไยแบบแกะเปลือก พบว่าอุณหภูมิและความชื้นที่สามารถอบลำไยได้เร็วที่สุดคือ 85 ^{o}C และความชื้นสัมพัทธ์ 20 % แต่สภาวะนี้ทำให้ลำไยที่อบเสร็จแล้วไหม้ไม่เป็นที่ต้องการของตลาด แต่สำหรับการอบที่อุณหภูมิ 85 ^{o}C และความชื้นสัมพัทธ์ 20% จนความชื้นลำไยลดลงเหลือประมาณ 60 % (w.b.) และย้ายไปอบต่อที่อุณหภูมิ 70 ^{o}C จะทำให้ได้ลำไยอบแห้งคุณภาพดีและเวลาอบเร็วขึ้น การอบแบบลดอุณหภูมิจึงน่าจะให้คุณภาพที่ดี สอดคล้องกับรัตนา(2543) ซึ่งศึกษาวิธีการยืดอายุการเก็บรักษาลำไยเพื่อการแปรรูปเป็นเนื้อลำไยอบแห้งเชิงพานิชย์ ได้ใช้วิธีการอบแบบลดอุณหภูมิกับลำไยแบบแกะเปลือก โดยใช้ลำไยที่ผ่านการรมควันกำมะถันแล้วเก็บที่อุณหภูมิ 2-5 ^{o}C เป็นเวลา 30 วัน ก่อนที่จะนำมาทำเป็นเนื้อลำไยอบแห้ง สำหรับขั้นตอนก่อนการอบต้องนำเนื้อลำไยไปแช่ในสารละลายโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟล์ อัตราส่วนที่ใช้คือ โปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟล์ 1 กรัมต่อเนื้อ

ลำไย 2 กิโลกรัม เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นนำเนื้อลำไยมาเรียงบนตะแกรงรูโปร่ง ใช้อุณหภูมิ 70 °C ความเร็วลม 0.43 m/s นาน 1 ชั่วโมง จากนั้นให้ลดอุณหภูมิเป็น 60°C ติดต่อกันจนได้ลำไยที่มีความชื้น 18 – 20 %(w.b.)

Klongpanish (1991) พบว่าปัญหาการอบแห้งลำไยชั้นหนาคือเนื้อลำไยแห้งไม่สม่ำเสมอ และเสนอว่าควรมีกลไกหรือวิธีแก้ปัญหาคือ ใส่ลำไยทั้งหมดบนตะแกรงและพลิกกลับไปมา หรือใส่ลำไยลงบนตะแกรงเป็นชั้นๆและทำการสลับชั้นตะแกรงเพื่อให้ลำไยได้แห้งสม่ำเสมอ วิวัฒน์และชลทิศ(2533) ได้ทำการทดลองอบแห้งลำไยทั้งเปลือกโดยใช้แก๊สหุงต้มเป็นตัวทำให้อากาศร้อน ใช้อุณหภูมิอากาศร้อนประมาณ 65 – 75 °C เป็นเวลา 45 – 50 ชั่วโมง พบว่าการใส่ลำไยทั้งหมดลงบนตะแกรงทำให้ได้ลำไยที่คุณภาพไม่ดีพอ เพราะแห้งไม่สม่ำเสมอกันและยากต่อการคัดออก จากผลการทดลองดังกล่าวข้างต้นสามารถประเมินได้ว่าควรมีการปรับปรุงให้อากาศร้อนกระจายได้ทั่วถึงและลดความหนาของชั้นลำไย นอกจากนั้นต้องพลิกกลับลำไยให้บ่อยขึ้น ซึ่งในทางปฏิบัติอาจไม่สะดวกนัก ทำให้เสียเวลาและแรงงานเพิ่มขึ้น

เครื่องอบแห้งแบบถาดมักพบปัญหาเกี่ยวเรื่องการกระจายอุณหภูมิในห้องอบและคุณภาพไม่สม่ำเสมอกันจากการศึกษาของ Singh (1994) ได้พัฒนาเครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาดแต่เมื่อวัดอุณหภูมิอากาศในชั้นที่ 1, 4, 7 และ 10 พบว่าในแต่ละชั้นมีอุณหภูมิไม่เท่ากัน โดยชั้นที่ 1 (อยู่ด้านล่าง) มีอุณหภูมิสูงที่สุดและอุณหภูมิลดลงตามระดับความสูง จึงทดลองสลับถาดทุกๆ 2 ชั่วโมงเป็นผลทำให้กระหล่ำดอกทุกถาดแห้งสม่ำเสมอกัน ซึ่งการสลับถาดมีผลต่อการแห้งที่สม่ำเสมอของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ Khattab (1996) พบว่าปัญหาของเครื่องอบแห้งแบบถาดจะให้ผลิตภัณฑ์ที่แห้งไม่สม่ำเสมอกันเช่น บางส่วนแห้งมากเกินไปหรือบางส่วนก็ยังมีความชื้นที่สูงอยู่ ทำให้คุณภาพผลิตภัณฑ์ลดลง ดังนั้นได้เสนอว่าการบรรจุผลิตภัณฑ์ในแต่ละถาดควรให้มีความสอดคล้องกับอากาศที่จะผ่านเข้ามายังถาดได้ กล่าวคืออากาศที่เย็นกว่าและมีความชื้นสูงจะเคลื่อนที่อยู่ด้านบน

2.3.3 ความเร็วลมในการอบแห้ง

ปัจจัยอีกอย่างหนึ่งที่มีผลต่อการอบแห้งคือ ความเร็วลมในการอบ Uretir et al.(1996) ศึกษาผลกระทบของความเร็วลมและอุณหภูมิที่มีต่ออัตราการแห้งของแอปเปิ้ลที่ทำเป็นชิ้นลูกเต๋าในเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์ใช้ความเร็วลม 1.7 – 3.0 m/s และใช้อุณหภูมิในช่วง 78 – 94 °C พบว่าอุณหภูมิและความเร็วลมมีผลกระทบต่ออัตราการแห้ง แต่ความเร็วลมไม่มีผลกระทบต่ออัตราแห้งในช่วงที่ 2 นอกจากนี้ขนาดของชิ้นแอปเปิ้ลที่หนาเกินมีผลต่ออัตราแห้งที่คงที่ด้วย และ Ede.(1958) อ้างโดย ไพบูลย์ (2532) ศึกษาถึงผลกระทบของ

ความเร็วลมที่มีต่อการทำแห้งมันฝรั่งลูกเต๋าผ่าครึ่ง โดยบรรจุในถาดหนัก 1.5 ปอนด์ต่อตารางฟุต ใช้อุณหภูมิในการอบ 72 °C และใช้ความเร็วลมต่างๆคือ 0.8, 1.2, 1.6 และ 2 m/s จะให้อัตราการอบแห้งที่แตกต่างกันเมื่อมีความเร็วลมต่ำ นอกจากนี้ความแตกต่างจะปรากฏชัดเจนที่ความชื้นสูง แต่ในขณะที่ปริมาณความชื้นลดลง อัตราการอบแห้งจะไม่ขึ้นกับความเร็วลมอีกต่อไป สำหรับความเร็วลมที่ใช้ในการอบแห้งลำไยแบบทั้งผล ยังมีความแตกต่างกันอยู่เช่น Sitthiphong (1989) ใช้ความเร็วลม 0.95 m/s ส่วนวีระ (2541) และอุมาพร (2543) ใช้ความเร็วลม 0.7 m/s แต่จากการรายงานของ Klongpanich (1991) ได้กล่าวไว้ว่ายิ่งความเร็วลมมากขึ้นเท่าใดจะทำให้การลดความชื้นและอัตราเร็วขึ้นเร็วขึ้นตามไปด้วย จึงน่าจะมีการศึกษาความเร็วลมที่มีผลต่อการอบแห้งลำไยด้วย

2.3.4 ความสม่ำเสมอของผลิตภัณฑ์จากการอบแห้ง

เนื่องจากการอบแห้งลำไยมักจะพบปัญหาการกระจายความร้อนไม่ทั่วถึง ต้องอาศัยแรงงานเพื่อคอยหมั่นพลิกกลับลำไย ทำให้ต้องเสียเวลา ดังนั้นวีระ (2541) ได้ศึกษาถึงช่วงเวลาในการกลับที่เหมาะสมของการอบลำไยไม่แกะเปลือก โดยใช้เครื่องอบแห้งจำลองอบครั้งละประมาณ 60 กิโลกรัม ความหนา 60 เซนติเมตร ในระดับอุณหภูมิ 60 – 65 °C ความชื้นเริ่มต้น 75 % (w.b.) อบจนเหลือความชื้นประมาณ 20 %(w.b.) ใช้เวลาในการอบประมาณ 48 – 53 ชั่วโมง พบว่าลำไยเกรด AB ซึ่งอบที่อุณหภูมิ 60 °C และ 65 °C ช่วงเวลาการกลับที่เหมาะสมอยู่ที่ 6 ชั่วโมง เวลาที่ใช้อบเร็วกว่าที่เกษตรอบอยู่ในปัจจุบัน ในการกลับลำไยแต่ละครั้ง อุณหภูมิเริ่มต้นของลำไยจะลดต่ำลง เพราะความร้อนส่วนหนึ่งต้องนำไปใช้ในการทำให้อุณหภูมิของลำไยสูงขึ้น จากแนวความคิดการสลับลมทำให้พัฒนาภรณ์ (2542) ได้ศึกษาการอบพริกขี้หนูด้วยเครื่องอบแห้งระบบสลับหมุนเวียนลมร้อน โดยมีการสลับลมเข้าด้านบนและล่างของเตาอบ พบว่าการสลับลมร้อนทุก 7 ชั่วโมงเป็นเวลาที่เหมาะสมกว่าการสลับลมทุก 3 และ 5 ชั่วโมง และจากการวิเคราะห์กราฟของอัตราการลดความชื้นกับเวลาพบว่ามีลักษณะคล้ายขั้นบันได การลดความชื้นจะไม่เกิดขึ้นทันทีเมื่อเริ่มสลับลมในช่วงแรกๆเนื่องจากอุณหภูมิพริกเริ่มต้นมีค่าต่ำกว่าเดิม ลมร้อนส่วนหนึ่งต้องใช้ในการทำให้อุณหภูมิของพริกสูงขึ้น การสลับลมร้อนถี่เกินไปจะเป็นการสูญเสียพลังงาน ดังนั้นการหาเวลาการสลับลมร้อนที่เหมาะสมจึงมีความจำเป็น

จากงานทดลองที่กล่าวมาข้างต้นเหมาะสำหรับเครื่องอบแห้งแบบกระบะ แต่ในการอบแห้งลำไยแบบแกะเปลือกเหมาะที่จะใช้กับเครื่องอบแห้งแบบถาด ศุภศักดิ์และคณะ(2543) ได้ออกแบบเครื่องอบแห้งแบบสลับทิศทางลมเป็นเครื่องอบแห้งแบบถาด (Tray dryer) ให้มีการไหลของลมร้อนออกทางผนังด้านข้างทั้งสองของห้องบรรจุผลิตผล โดยอบลำไยแบบแกะเปลือก

วิธีการไม่สลับทิศทางลมร้อนและสลับทิศทางลมร้อนทุกๆ 2 และ 4 ชั่วโมง ใช้อุณหภูมิในการอบ 70 °C พบว่าคุณภาพหลังอบของลำไยที่สลับทิศทางลมร้อนทุก 2 ชั่วโมงอยู่ในระดับพอใช้ โดยใช้เวลาในการอบ 12 ชั่วโมง แต่พบว่าปัญหาที่เกิดขึ้นคือความเร็วลมภายในตู้มีค่าต่ำเกินไปคือมีความเร็วลมประมาณ 0.1 หรือต่ำกว่า 0.1 m/s และอุณหภูมิภายในตู้ยังไม่สม่ำเสมอทำให้คุณภาพไม่เท่ากันทุกส่วน จึงได้ให้ข้อเสนอแนะว่าควรมีการปรับปรุงเรื่องทิศทางการไหลของอากาศภายในตู้และปรับความเร็วลมให้เพิ่มขึ้น ซึ่งเครื่องน่าจะทำงานได้ดีขึ้น โดยเครื่องอบที่สร้างขึ้นนี้จะสามารถอบลำไยแบบแกะเปลือกโดยไม่ต้องมีการสลับถาดระหว่างอบ

สิริชัย (2541) ได้กล่าวว่าเครื่องอบแห้งเนื้อลำไยจะต้องมีลักษณะเป็นตู้อบที่แข็งแรง ไม่มีลมร้อนรั่วไหล ซึ่งจะประหยัดพลังงาน วัสดุภายในตู้อบและตะแกรงรับเนื้อลำไยต้องไม่เป็นสนิม พัดลมต้องสามารถกระจายความร้อนภายในตู้อบได้อย่างสม่ำเสมอทุกๆชั้น อุปกรณ์กำเนิดลมร้อนมีทั้งใช้ไฟฟ้า และแก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิง ไฟฟ้าดีกว่าแก๊สตรงที่มีความสะอาดกว่า แต่ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานสูงกว่าแก๊สหุงต้ม

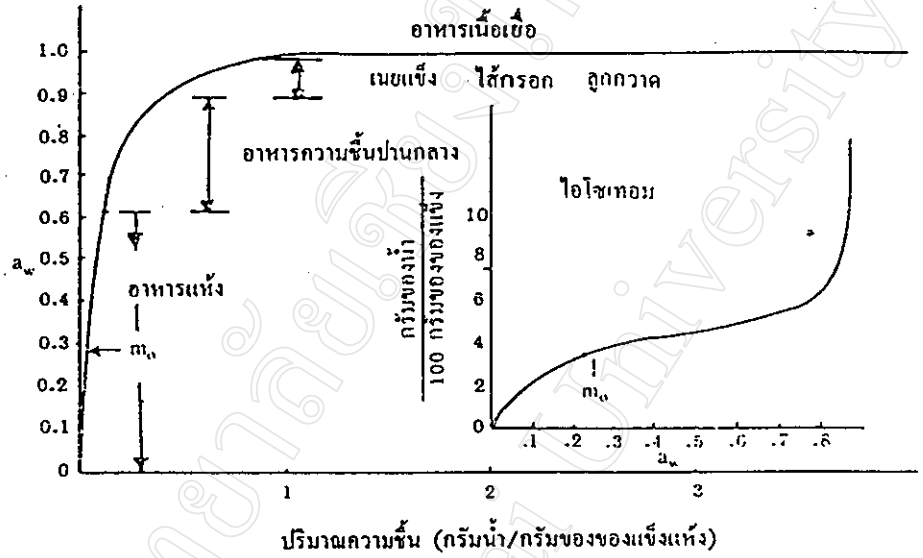
2.3.5 การเก็บรักษาลำไยหลังอบ

ปริมาณน้ำของอาหารที่ถูกอาหารยึดไว้ (Bound water) มีความสำคัญในการชี้สภาพการคงตัวของอาหาร อาหารที่มีค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ต่ำ จะมีน้ำที่เป็นประโยชน์ในการทำปฏิกิริยาเคมีและเพื่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ดังนั้นอาหารจึงมีคุณสมบัติในการคงตัวดี (ไพโรจน์, 2535) การที่ลำไยอบแห้งจะสามารถเก็บรักษาได้นานต้องคำนึงการเจริญเติบโตของเชื้อราที่จะเกิดขึ้นด้วย ซึ่งสถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2537) ได้รายงานว่า ลำไยที่อบด้วยลมร้อนอุณหภูมิ 80 °C ไม่สามารถทำลายเชื้อราได้ เนื่องจากอุณหภูมิลำไยขณะอบไม่สูงขึ้นเท่ากับอุณหภูมิลมร้อน และลำไยเป็นผลไม้ที่มีความชื้นสูงในเนื้อของผล นอกจากนี้ยังมีปริมาณน้ำตาลสูง จึงทำให้เกิดเชื้อราได้ง่าย ดังนั้นเพื่อเป็นการป้องกันการเกิดของเชื้อรา ลำไยอบแห้งควรมีค่า Water activity (Aw) ต่ำกว่า 0.80 จะสามารถป้องกันการเกิดรา รายงานดังกล่าวใกล้เคียงกับความเห็นของคณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร(2540) ซึ่งระบุว่าอาหารแห้งที่เก็บที่ค่า Aw ต่ำกว่า 0.70 จะปลอดภัยจากเชื้อจุลินทรีย์

2.3.6 การดูดความชื้นกลับของอาหาร

Sorption isotherm ของอาหาร สามารถหาได้โดยการนำอาหารที่ทราบปริมาณความชื้นแล้วปล่อยให้เกิดความสมดุลในภาชนะที่ปิดสนิทที่อุณหภูมิคงที่ เมื่อทราบค่าความชื้นสัมพัทธ์สมดุลก็สามารถที่จะหาค่า Aw ได้ ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างค่า Aw กับปริมาณความชื้นในอาหารที่อุณหภูมิคงที่ โดยกราฟของไอโซเทอมของอาหารนั้นซึ่งมีลักษณะเป็น Sigmoid curve

ลักษณะกราฟเฉพาะสำหรับปริมาณความชื้นสมดุลกับค่า Aw และไอโซเทอมของอาหารแสดงดังรูปที่ 2.2 เส้นโค้งไอโซเทอมมีประโยชน์มากในการทำนายการเปลี่ยนแปลงความชื้นของอาหาร นอกจากนี้ยังใช้สำหรับเลือกชนิดของภาชนะบรรจุและการเลือกชนิดของส่วนผสมได้อีกด้วย (Labuza, 1984 อ้างโดย ไพบูลย์, 2532)



รูปที่ 2.2 ลักษณะกราฟเฉพาะสำหรับปริมาณความชื้นสมดุลกับค่า Aw และไอโซเทอมของอาหาร
ที่มา: Labuza (1984) และ Duckworth (1974)

2.3.7 มาตรฐานขนาดของลำไย

กรมวิชาการเกษตร (2541) ได้มีการกำหนดมาตรฐานเรื่องขนาดลำไย โดยขนาดของผลจะพิจารณาจากจำนวนผลต่อกิโลกรัม หรือขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ซึ่งแบ่งออกเป็นขนาดดังนี้

ขนาด	จำนวนผล/กก.	หรือ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง(เซนติเมตร)
1	< 85		> 2.8
2	85 – 94		> 2.7 – 2.8
3	95 – 104		> 2.6 – 2.7
4	105 –114		> 2.5 – 2.6
5	> 115		2.4 – 2.5

มาตรฐานขนาดของลำไยที่เกษตรกรใช้ในการคัดลำไยจะใช้เครื่องคัดขนาดแบบรูตะแกรง โดยมาตรฐานที่ได้จะแตกต่างไปจากมาตรฐานของกรมวิชาการเกษตรคือ เกรด AA มีจำนวนลำไยน้อยกว่า 80 ผลต่อกก., เกรด A มีจำนวนลำไย 80 – 94 ผลต่อกก. และเกรด C มีจำนวนลำไย 93 – 114 ผลต่อกก. (วีระ, 2541)

2.3.8 การตรวจสอบคุณภาพของลำไยอบแห้งแบบแกะเปลือก

กลุ่มงานเคหกิจเกษตร (2539) ได้แบ่งลักษณะเนื้อลำไยเป็นเกรดต่างๆตามวิธีการทำคือ

1. เกรด A หมายถึง เนื้อลำไยอบแห้งที่ทำมาจากลำไยร่วงคัด หรือเกรด C หรือเกรด B ของโรงงานลำไยกระป๋องมาคว้านเอาเฉพาะเนื้อผ่านการแช่สารอบจนแห้ง ลักษณะเนื้อลำไยอบแห้งเกรด A คือเห็นขนาดผลชัดเจน มีขนาดสม่ำเสมอไม่ฉีกขาด สีเหลืองทอง แห้งสนิท ไม่มีสิ่งเจือปนอื่นๆใช้บริโภคได้ทันทีเหมือนผลไม้แห้งชนิดอื่นๆ

2. เกรดคละ หมายถึง เนื้อลำไยอบแห้งที่ทำมาจากลำไยร่วงมาคว้านเฉพาะเนื้อผ่านการแช่สารนำไปอบจนแห้ง ลักษณะเนื้อลำไยอบแห้งเกรดคละจะมีขนาดไม่สม่ำเสมอ ฉีกบ้างเล็กน้อย มีสีเหลืองทอง ไม่มีสิ่งเจือปนอื่นๆใช้บริโภคทันทีหรือนำไปผสมในผลิตภัณฑ์อื่นๆ

3. เกรดคัด หมายถึง เนื้อลำไยอบแห้งที่ทำมาจากการแกะเนื้อลำไยอบแห้งแบบทั้งเปลือก ลักษณะเนื้อลำไยอบแห้งเกรดคัดจะมีสีน้ำตาล และมีขนาดผลชัดเจน ฉีกขาดบ้าง เล็กน้อย แห้ง มีสิ่งเจือปนบ้างเล็กน้อย นิยมไว้ทำน้ำลำไย หรือส่วนผสมของยาจีน

4. เกรดรวม หมายถึง เนื้อลำไยอบแห้งที่ทำมาจากการแกะเนื้อลำไยอบแห้งแบบทั้งเปลือก หรือรวมเศษเนื้อจากเกรดอื่นๆ ลักษณะเนื้อลำไยอบแห้งแบบเกรดรวม มีสีตั้งแต่สีน้ำตาลแดงไปจนถึงสีน้ำตาลดำ ลักษณะจะไม่เป็นผลสมบูรณ์ มีสิ่งเจือปนมาก เวลาจำหน่ายจะนำมาอัดเป็นก้อนหรือแท่ง ใช้ทำน้ำลำไย

กรมส่งเสริมการเกษตร (2540) กล่าวว่าการอบแห้งลำไยแบบแกะเปลือกสามารถวัดคุณภาพโดยการวัดความชื้นโดยทั่วไปความชื้นไม่เกิน 18 % (w.b.) ดูจากสีเนื้อ และลักษณะของเนื้อลำไย

คุณภาพด้านสีของเนื้อลำไยจะแบ่งเป็น 4 เกรดใหญ่ๆ คือ

1. สีเหลืองทอง
2. สีน้ำตาลทอง
3. สีน้ำตาลแดง (นิยมไว้ทำน้ำลำไย หรือส่วนผสมของยาจีน)
4. สีน้ำตาลดำ (มักนำมาอัดเป็นก้อนหรือแท่งใช้ทำน้ำลำไย)

ลักษณะเนื้อลำไยอบแห้งที่ต้องการคือ

1. เนื้อลำไยล้วน ไม่มีขั้วเมล็ดติดอยู่ที่เนื้อ ไม่มีเปลือกติด
2. รสชาติหวาน ไม่ขม
3. ไม่มีสิ่งแปลกปลอมอื่นๆ

4. มีกลิ่นหอมของลำไย ไม่มีกลิ่นควัน เหม็นไหม้

2.3.9 ส่วนประกอบและองค์ประกอบทางเคมีของลำไย

กลุ่มงานเคหกิจเกษตร (2539) กล่าวว่าเนื้อลำไยสดมีน้ำตาลอยู่ 3 ชนิด คือ กลูโคส ฟรุกโทส และซูโครส กรดอินทรีย์มีหลายชนิดเช่น กรดกลูโคนิค กรดมาลิกและกรดซิตริก ฯลฯ และมีกรดอะมิโนอีกประมาณ 9 ชนิด เนื้อลำไยแห้งยังมีเกลือแร่ที่มีประโยชน์ต่อร่างกายต้องการในปริมาณน้อยอยู่อีกด้วย เช่น ทองแดง สังกะสี แมงกานีส เป็นต้น นวลศรี (2543) ได้ศึกษาถึงส่วนประกอบของลำไยสดและลำไยแห้งแสดงดังตารางที่ 2.1 และองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อลำไย เปลือกลำไย เมล็ดลำไย และลำไยทั้งผลแสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.1 ส่วนประกอบของลำไยสดและลำไยแห้ง

ส่วนประกอบ	เนื้อลำไยสด (ร้อยละ)	เนื้อลำไยแห้ง (ร้อยละ)
ความชื้น	81.10	17.80
ไขมัน	0.11	0.40
เส้นใย	0.28	1.60
โปรตีน	0.97	4.60
เถ้า	0.56	2.86
คาร์โบไฮเดรต	16.98	31.18
ค่าพลังงานความร้อน (kcal/100g)	72.79	27.70
แคลเซียม (mg/100g)	5.70	2.39
เหล็ก	0.35	15.95
ฟอสฟอรัส	35.30	13.78
วิตามินซี	69.20	4.50
โซเดียม	-	20.12
โปตัสเซียม	-	3.03
ไนอาซีน	-	0.57
กรดแพนโทธินิค	-	0.375

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบทางเคมีของลำไย

ส่วนประกอบ	%น้ำหนัก	%โปรตีน	%ไขมัน	%เส้นใย	%เถ้า	%ความชื้น	%คาร์โบไฮเดรต
เนื้อลำไย	75.59	4.89	0.04	0.05	0.79	81.00	16.23
เปลือกลำไย	8.98	7.86	0.85	18.70	5.83	21.61	31.15
เมล็ดลำไย	15.43	9.76	1.77	3.26	1.40	34.74	49.07
ลำไยทั้งผล	-	2.39	0.38	3.12	1.34	68.53	24.24

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University