บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของลำไย

2.1.1 ลำไย (Longan) จัดเป็นพืชที่อยู่ในตระกูล Sapindaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์อยู่หลายชื่อคือ Euphoria longana Lamk และ Dimocarpus longan Lour. เป็นไม้ผลกึ่งเมืองร้อน มีรสหวาน กลิ่นหอม และไม่มีรสเปรี้ยว โดยทั่วไปมีความหวาน 16 – 20 องศาบริกส์ pH มีค่า 6.7 – 6.9 ตารางที่ 1 แสดงถึงส่วนประกอบทางเคมีของลำไยสดและลำไยแห้ง (กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ กรมวิทยาศาสตร์ อ้างโดย รัตนา , 2542)

ตารางที่ 2.1 ส่วนประกอบทางเคมีของลำไยสดและลำไยแห้ง

ส่วนประกอบ		เนื้อลำไยสด	เนื้อลำไยแห้ง
ความชื้น	ร้อยละ	81.10	17.8
ไขมัน	ร้อยละ	0.11	0.48
โปรตีน	ร้อยละ	0.97	4.60
เส้นใย	ร้อยละ	0.28	1.60
เถ้า	ร้อยละ	0.56	2.86
คาร์โบไฮเดรต	ร้อยละ	16.98	72.70
พลังงานความร้อน	กิโลแคลอรี่ / 100 กรัม	72.79	311.80
แคลเซียม	มิลลิกรัม / 100 กรัม	5.70	27.70
เหล็ก	มิลลิกรัม / 100 กรัม	0.35	2.39
ฟอสฟอรัส	มิลลิกรัม / 100 กรัม	35.50	159.50
โซเดียม	มิลลิกรัม / 100 กรัม	–	4.50
โปตัสเซียม	มิลลิกรัม / 100 กรัม	–	2,012.00
ไนอาซีน	มิลลิกรัม / 100 กรัม	–	3.03
กรดแพนโทเธอนิค	มิลลิกรัม / 100 กรัม	–	0.57
วิตามินบีสอง	มิลลิกรัม / 100 กรัม	–	0.37
วิตามินซี	มิลลิกรัม / 100 กรัม	69.20	137.80

2.1.2 ลักษณะประจำพันธุ์ของลำไยพันธุ์ดอ

พรวิสาข์ (2544) รายงานว่า ลำไยพันธ์ดอเป็นพันธุ์เบาที่ชาวสวนในภาคเหนือนิยมปลูกกันมากที่สุดในปัจจุบัน เพราะสามารถเก็บเกี่ยวได้รวดเร็วกว่าพันธุ์อื่นๆ ทำให้จำหน่ายได้ในราคาสูงและตลาดต่างประเทศนิยม โดยจะออกดอกประมาณต้นเดือนธันวาคมและเริ่มเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ประมาณกลางเดือนมิถุนายนถึงปลายเดือนกรกฎาคม ลักษณะโดยทั่วไป มีใบค่อนข้างใหญ่ รูปร่างยาวรีทั้งส่วนโคนใบและปลายใบ ริมใบเป็นคลื่น เส้นกลางใบและเส้นใบนูนเด่นชัด เกิดดอกและติดผลง่าย แต่การติดผลอาจไม่สม่ำเสมอ ขนาดของผลค่อนข้างใหญ่ โดยเฉลี่ยผล กว้างประมาณ 2.6 เซนติเมตร หนา 2.3 เซนติเมตร สูง 2.5 เซนติเมตร รูปทรงของผลกลมแป้น เบี้ยวเล็กน้อย ผิวเปลือกสีน้ำตาลเห็นเป็นรอยกระหรือตาห่างๆ เนื้อในหนาไม่กรอบหรือค่อนข้างเหนียว สีขาวขุ่น มีเมล็ดขนาดใหญ่ปานกลาง

2.1.3 มาตรฐานลำไย

1. ลำไยสดทั้งผล ขนาดของผลลำไยจะพิจารณาจาก จำนวนผลต่อกิโลกรัม ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ขนาด ดังนี้

ตารางที่ 2.2 มาตรฐานลำไยช่อและผลเดี่ยว

ขนาด	จำนวนผล / กิโลกรัม	
	ลำไยช่อ	ลำไยผลเดี่ยว
1	< 85	< 91
2	85 – 94	91 – 100
3	95 – 100	101 – 111
4	105 – 114	112 – 122
5	≥ 115	≥ 123

(ที่มา : จริงแท้ และ ธีรนุต , 2543)

2. เนื้อลำไยแห้ง กลุ่มงานเคหกิจเกษตร (2539) ได้แบ่งลักษณะเนื้อลำไยแห้งเป็นเกรดต่างๆ ดังนี้

เกรด A หมายถึง เนื้อลำไยแห้งที่ทำมาจากลำไยร่วงคัด หรือเกรด B หรือ C ของโรงงานลำไยบรรจุกระป๋องมาคว้านเอาเฉพาะเนื้อ แล้วแช่สารละลายโปแตสเซียมเมตาไบด์ซัลไฟต์ 0.3 เปอร์เซ็นต์ อบจนแห้ง มีลักษณะแห้งสม่ำเสมอ เนื้อไม่ฉีกขาด สีเหลืองทอง ไม่มีสิ่งเจือปนอื่นๆ ใช้บริโภคได้ทันที

เกรดคละ หมายถึง เนื้อลำไยแห้งที่ทำมาจากลำไยร่วง คว้านเฉพาะเนื้อ แล้วแช่สารละลายโปแตสเซียมเมตาไบด์ซัลไฟต์ 0.3 เปอร์เซ็นต์ อบจนแห้ง ลักษณะเนื้อมีขนาดไม่สม่ำเสมอ ฉีกบ้างเล็กน้อย มีสีเหลืองทอง ไม่มีสิ่งเจือปนอื่นๆ ใช้บริโภคได้ทันที

เกรดคัด หมายถึง เนื้อลำไยแห้งที่ทำมาจากการแกะเนื้อลำไยอบแห้งแบบทั้งเปลือก ลักษณะเนื้อสีน้ำตาล และมีขนาดผลชัดเจน ฉีกบ้างเล็กน้อย แห้ง และมีสิ่งเจือปนเล็กน้อย นิยมไว้ทำน้ำลำไย หรือเป็นส่วนผสมของยาจีน

เกรดรวม หมายถึง เนื้อลำไยแห้งที่ทำมาจากการแกะเนื้อลำไยอบแห้งแบบทั้งเปลือก หรือรวมเศษเนื้อจากเกรดอื่นๆ มีสีน้ำตาลแดง ไปจนถึงน้ำตาลดำ ลักษณะจะไม่เป็นผลสมบูรณ์ มีสิ่งเจือปนมาก เวลาจำหน่ายจะนำมาอัดเป็นก้อนหรือเป็นแท่ง ใช้ทำน้ำลำไย

กรมวิชาการเกษตร (2540) อ้างโดย สุนีย์รัตน์ (2544) กล่าวว่าการอบแห้งลำไยแบบแกะเปลือกสามารถวัดคุณภาพโดยการวัดความชื้นโดยทั่วไปความชื้นไม่เกิน 18 เปอร์เซ็นต์ (มาตรฐานเปียก) ดูจากสีเนื้อ และ ลักษณะของเนื้อลำไย

คุณภาพด้านสีเนื้อลำไยแห้งจะแบ่งเป็น 4 เกรดใหญ่ๆ คือ

1. สีเหลืองทอง
2. สีน้ำตาลทอง
3. สีน้ำตาลแดง
4. สีน้ำตาลดำ

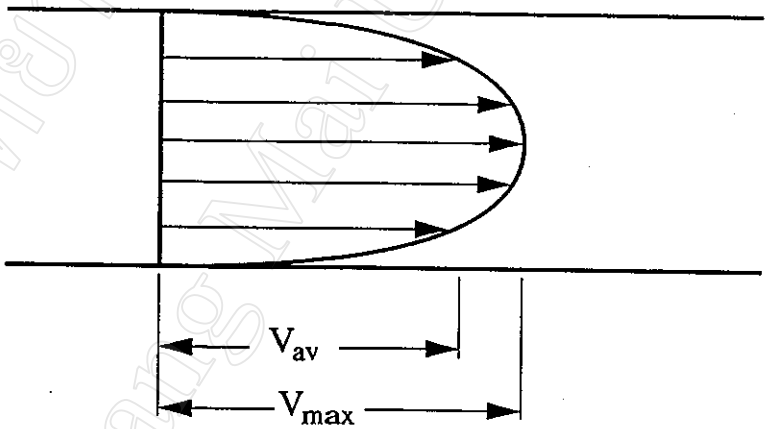
ลักษณะลำไยที่ต้องการคือ

1. เนื้อลำไยล้วน
2. รสชาติหวาน ไม่ขม
3. ไม่มีสิ่งแปลกปลอมอื่นๆ
4. กลิ่นหอมของลำไย ไม่มีกลิ่นควัน เหม็นไหม้

2.2 ทฤษฎีการกระจายอากาศ

2.2.1 การเคลื่อนที่ของอากาศภายในท่อ

อากาศซึ่งถูกขับเคลื่อนจากใบพัดของพัดลม จะทำให้อากาศมีค่าความกดดันสูงขึ้นเมื่อถูกส่งเข้าสู่ระบบท่อส่ง จะเกิดกับความต้านทานต่อการเคลื่อนที่ของอากาศ เรียกว่า การลดลงของความดัน (Pressure drop) ซึ่งจะเป็นผลจากการสูญเสียพลังงานอันเนื่องจากความเสียดทานภายในระบบท่อและอุปกรณ์ต่างๆ ดังนั้นพัดลมจึงต้องสร้างความแตกต่างของความกดดันรวม ทั้งบริเวณท่อทางเข้า และทางออกของระบบท่อส่ง เพื่อทำให้อากาศไหลเข้าสู่ระบบท่อได้ตามปริมาณที่ต้องการ และมีอัตราการไหลอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา



รูปที่ 2.1 ลักษณะของความเร็วลมภายในท่อกลม (Frank , 1998)

รูปที่ 2.1 แสดงความเร็วลมภายในท่อกลม โดยความเร็วจะลดลงเรื่อยๆ เมื่อมีระยะห่างจากจุดศูนย์กลางออกไปจนถึงผนังของท่อ ซึ่งเป็นผลมาจากความต้านทานการไหลของอากาศหรือการลดลงของความดันภายในระบบท่อส่ง และการลดลงของความดันนั้นจะเกิดจากความเสียดทานเนื่องจากสิ่งกีดขวางการไหลของอากาศ การเปลี่ยนทิศทางการไหล ความขรุขระของผิวท่อภายในระบบและการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของพื้นที่หน้าตัดของท่อ เป็นต้น

สำหรับการหาค่าอัตราการไหลของอากาศในระบบท่อนั้น สามารถได้จากสมการต่อไปนี้

$$Q = Av \quad (2.1)$$

เมื่อ Q = อัตราการไหลเชิงปริมาตร (m^3/s)

A = พื้นที่หน้าตัดที่ตั้งฉากกับทิศทางการไหล (m^2)

v = ความเร็วลม (m/s)

ความดันในระบบท่อนั้นมี 3 ชนิด คือ ความดันสถิตย์ ความดันความเร็ว และความดันรวม กล่าวคือ

ความดันสถิตย์ เป็นผลจากความดันและระดับความสูงของระบบท่อ หรือเป็นแรงเนื่องจากการเคลื่อนที่ของอนุภาคของอากาศกระทำตั้งฉากกับผนังภายในของท่อ

ความดันความเร็ว เป็นผลเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความเร็วของอากาศภายในระบบท่อ

ความดันรวม เป็นผลรวมของความดันสถิตย์และความดันความเร็ว

อนึ่งในการวิเคราะห์หาความดันลดลงนั้นจำเป็นที่จะต้องทราบสถานะของการไหลว่าเป็นการไหลแบบราบเรียบ (Laminar flow) หรือการไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent flow) โดยใช้วิเคราะห์ร่วมกับ Moody diagram ทั้งนี้การแบ่งสถานะการไหลนั้นกระทำได้โดยการหาค่าเรย์โนลด์ (Reynolds number, Re) ซึ่งถ้าค่า Re น้อยกว่า 2,000 อากาศจะมีการไหลแบบราบเรียบ และ ค่า Re อยู่ในช่วง 2,000 ถึง 4,000 อากาศจะมีการไหลแบบผสม และ ค่า Re มีค่ามากกว่า 4,000 อากาศจะมีการไหลแบบปั่นป่วน สามารถหาค่า Re ของอากาศปกติ ได้จากสมการต่อไปนี้ (Frank , 1988)

$$Re = 6{,}375\, vr \quad (2.2)$$

เมื่อ Re = เรย์โนลด์นัมเบอร์ (เทอมไร้หน่วย)

v = ความเร็วลมเฉลี่ย (ft / s)

r = รัศมีภายในของท่อ (ft)

2.2.2 ความต้านทานในท่อ

1. ท่อตรง

ในขณะที่อากาศไหลในท่อตรง ความดันที่ลดลงส่วนใหญ่มาจากความเสียดทาน ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ Darcy – Weisbach

$$\Delta P_t = f_D (L/D) P_v \qquad (2.3)$$

เมื่อ ΔP_t = ความดันรวมที่สูญเสีย (Pa)

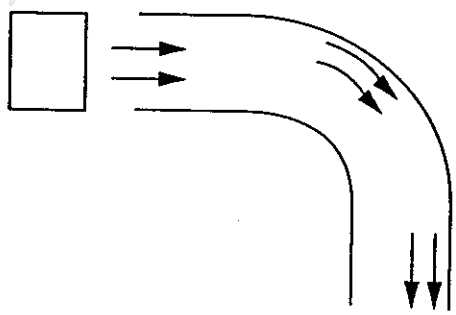
f_D = แฟคเตอร์ความเสียดทาน (เทอมไร้หน่วย)

L/D = ความยาวท่อ / เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ (m)

P_v = ความดันความเร็ว (Pa)

2. ข้องอ

เมื่ออากาศไหลผ่านข้องอ ทิศทางการไหลของอากาศจะเปลี่ยนแปลงไป ความดันรวมที่สูญเสียที่ข้องอโดยส่วนใหญ่เกิดจากการสูญเสียเชิงจลน์ ค่าความดันสูญเสียหาได้จาก (Jack and Cheng , 1987) โดยส่วนใหญ่การไหลของอากาศในข้องอจะเกิดขึ้นดังรูปที่ 2.2 สังเกตว่าตรงส่วนของโค้งนอกจะมีปริมาณการไหลที่หนาแน่นกว่ากว่าส่วนโค้งในและความดันที่เกิดขึ้นตรงส่วนโค้งในจะมีค่าเป็นลบด้วย



รูปที่ 2.2 การไหลของอากาศภายในข้องอ

3. ท่อแยก

จะมีการสูญเสียความดันส่วนใหญ่เป็นเชิงจลน์เช่นเดียวกับข้องอ สามารถหาความดันสูญเสียได้จากสมการต่อไปนี้

$$\Delta P_t = C_b (V_1 / 1.29)^2 \quad (2.4)$$

เมื่อ C_b = สัมประสิทธิ์การสูญเสียที่ท่อแยก (เทอมไร้หน่วย)

V_1 = ความเร็วของอากาศที่ท่อทางเข้า (m/s)

4. การเปลี่ยนแปลงพื้นที่หน้าตัด

ในบางตำแหน่งของท่ออาจมีการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่หน้าตัด ทำให้เกิดความดันสูญเสียเป็นเชิงจลน์ด้วย และสามารถหาความดันสูญเสียได้จากสมการดังต่อไปนี้

สำหรับการขยายแบบค่อยเป็นค่อยไป

$$\Delta P_t = C_1 C_r (V_1 / 1.29)^2 \quad (2.5)$$

สำหรับการขยายแบบทันทีทันใด

$$\Delta P_t = C_1 (V_1 / 1.29)^2 \quad (2.6)$$

สำหรับการลดลงของพื้นที่หน้าตัด

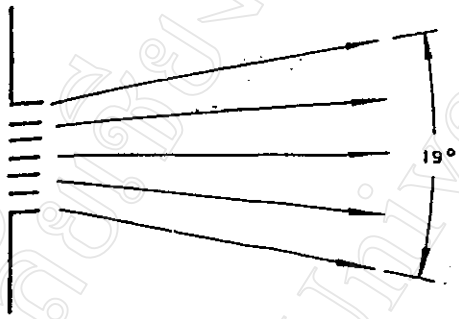
$$\Delta P_t = C_2 (V_1 / 1.29)^2 \quad (2.7)$$

เมื่อ C_1 , C_2 และ C_r = สัมประสิทธิ์ความสูญเสียเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงพื้นที่หน้าตัด

2.2.3 อิทธิพลของแผ่นบังคับทิศทางอากาศที่ช่องทางออก (Carrier , 1980)

1. แผ่นบังคับทิศทางชนิดตรง (Straight vanes)

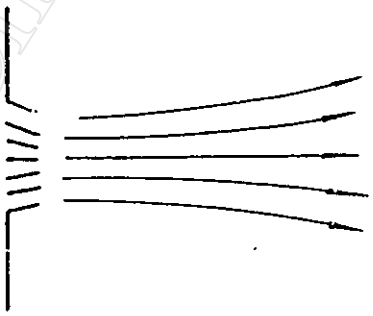
จากรูปที่ 2.3 จะเห็นว่ากระแสของอากาศมีทิศทางกระจายออกจากช่องทางออก จะมีมุมประมาณ 19 องศา ทั้งนี้ขนาดของมุมจะมากขึ้นเมื่อมีระยะมากขึ้นด้วย



รูปที่ 2.3 การไหลของอากาศที่ช่องทางออกเมื่อติดตั้งแผ่นบังคับทิศทางชนิดตรง

2. แผ่นบังคับทิศทางชนิดเอียงเข้าหากัน (Covering vanes)

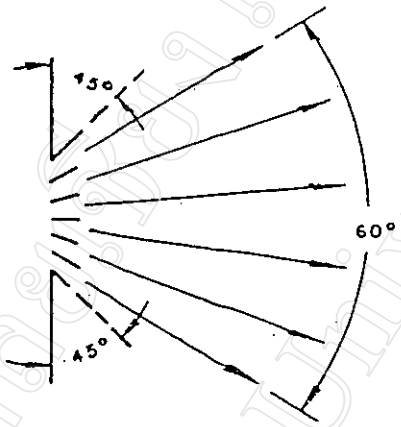
จากรูปที่ 2.4 ลักษณะของแผ่นบังคับทิศทางลมจะเอียงเข้าหากันจากขอบช่องทางออกทั้ง 2 ด้าน เข้าสู่กึ่งกลาง ลักษณะของกระแสอากาศจะค่อนข้างลีบเข้าหากันในตอนต้นและจะกระจายออกเมื่อได้ระยะทางหนึ่ง ซึ่งก็ยังทำมุม 19 องศา



รูปที่ 2.4 การไหลของอากาศที่ช่องทางออกเมื่อติดตั้งแผ่นบังคับทิศทางชนิดเอียงเข้าหากัน

3. แผ่นบังคับทิศทางชนิดผายออก 45 องศา (Diverging vanes)

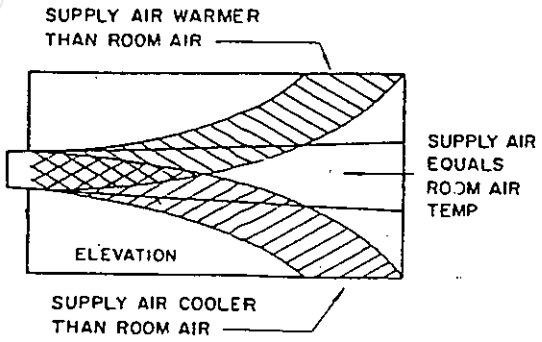
จากรูปที่ 2.5 ลักษณะของแผ่นบังคับทิศทางลมจะผายจากขอบช่องทางออกทั้ง 2 ด้าน และแผ่นที่ด้านข้างของช่องทางออกจะเอียงทำมุม 45 องศากับผนังท่อ ลักษณะของกระแสอากาศจะกระจายออกทำมุม 60 องศา



รูปที่ 2.5 การไหลของอากาศที่ช่องทางออกเมื่อติดตั้งแผ่นบังคับทิศทางชนิดผายออก 45 องศา

2.2.4 อิทธิพลของความแตกต่างกันของอุณหภูมิในการกระจายอากาศ

อุณหภูมิของอากาศที่จ่ายเข้ามา กับอุณหภูมิภายในห้องจะมีผลต่อทิศทางการเคลื่อนที่ของอากาศ ดังรูปที่ 2.6 แสดงให้เห็นถึงเมื่ออุณหภูมิของอากาศที่จ่ายเข้ามาในห้องมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายในห้อง ทิศทางของอากาศก็จะเคลื่อนที่ลอยสูงขึ้น และในทางตรงกันข้ามเมื่ออุณหภูมิของอากาศที่จ่ายเข้ามาในห้องต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายในห้อง ทิศทางของอากาศก็จะเคลื่อนที่ลอยต่ำลง

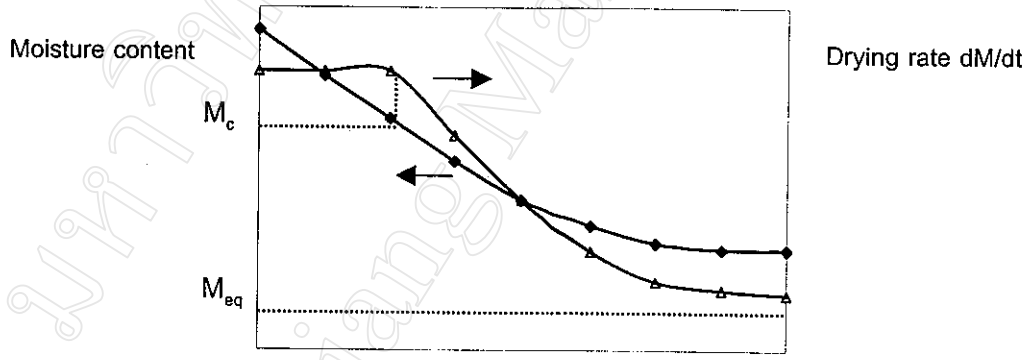


รูปที่ 2.6 ทิศทางของกระแสอากาศเมื่อเกิดความแตกต่างกันของอุณหภูมิ

2.3 ทฤษฎีการอบแห้ง

2.3.1 การอบแห้ง

การอบแห้ง เป็นกระบวนการที่ความร้อนถูกถ่ายเทด้วยวิธีใดวิธีหนึ่งไปยังวัสดุที่มีความชื้น เพื่อไล่ความชื้นออกโดยอาศัยความร้อนที่ได้รับเป็นความร้อนแฝงในการระเหยน้ำ (วิวัฒน์ , 2527) โดยทั่วไปการอบแห้งวัสดุจะใช้อากาศร้อนเป็นตัวกลางในการอบ ความร้อนที่ส่งผ่านจากกระแสอากาศไปยังผิววัสดุส่วนใหญ่ถูกใช้ไปในการระเหยน้ำ ขณะเดียวกันไอน้ำจะเคลื่อนที่ออกจากบริเวณผิววัสดุมายังกระแสอากาศ ถ้าผิววัสดุมีปริมาณน้ำอยู่มาก อุณหภูมิและความเข้มข้นของไอน้ำที่ผิวก็จะคงที่ ซึ่งส่งผลให้อัตราการถ่ายเทความร้อนและอัตราการอบแห้งคงที่ด้วย ถ้าอุณหภูมิ ความชื้น และความเร็วของอากาศมีค่าคงที่ เมื่อผิววัสดุมีปริมาณน้ำลดลงมากแล้วอุณหภูมิและความเข้มข้นของไอน้ำที่ผิววัสดุย่อมเปลี่ยนแปลงไป โดยที่อุณหภูมิสูงขึ้นความเข้มข้นจะลดลงซึ่งส่งผลให้อัตราการถ่ายเทความร้อน และอัตราการอบแห้งลดลง



รูปที่ 2.7 การลดความชื้นผลผลิตเกษตรในช่วงอัตราการอบแห้งคงที่และลดลง

รูปที่ 2.7 แสดงการเปลี่ยนแปลงของความชื้นและอัตราการอบแห้งเทียบกับเวลาภายใต้ อุณหภูมิ ความชื้น และความเร็วของอากาศคงที่ ความชื้นที่อยู่ระหว่างช่วงอัตราการอบแห้งคงที่และช่วงอัตราการอบแห้งลดลงเรียกว่าความชื้นวิกฤต (M_c) ผลผลิตเกษตรส่วนใหญ่จะมีโครงสร้างภายในเป็นรูพรุน การอบแห้งสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ช่วง คือ ช่วงแรกในขณะที่ยังมีความชื้นสูง การอบแห้งจะเป็นแบบอัตราการอบแห้งคงที่ เมื่อวัสดุมีความชื้นลดต่ำลงจนถึงความชื้นวิกฤต น้ำจากภายในวัสดุจะเคลื่อนที่มายังผิววัสดุในรูปของของเหลวหรือไอน้ำแล้วจึงระเหยและเคลื่อนที่ไปยังกระแสอากาศ (สมชาติ , 2540)

2.3.2 การเคลื่อนที่ของน้ำในระหว่างการอบแห้ง

ในระหว่างการอบแห้งจะมีการเคลื่อนที่ของน้ำภายในผลผลิตที่ผิวแล้วจึงระเหยกลายเป็นไอเคลื่อนย้ายออกไปตามกระแสลม การเคลื่อนที่ของน้ำจากภายในผลผลิตออกมาที่ผิวเมื่อได้รับพลังงานความร้อนมี 2 วิธีคือ (ภัทวรา , 2542)

1. การเคลื่อนด้วยแรงผ่านช่องแคบ (Capillary force)

เป็นการเคลื่อนที่ภายในเซลล์โปร่ง มีช่องว่างระหว่างเซลล์ต่อเนื่องกันเป็นทางแคบๆ เกิดเป็นแรงดันของน้ำขึ้นมาตามท่อ การเคลื่อนที่เกิดขึ้นได้สะดวกและรวดเร็ว แต่จะหยุดเมื่อน้ำในทางแคบๆ นั้นขาดตอนลง

2. การเคลื่อนที่ด้วยการแพร่ (Diffusion) ผ่านเซลล์

เป็นการเคลื่อนที่ในผลผลิตที่มีเนื้อแน่น ไม่มีช่องว่างระหว่างเซลล์ที่ต่อเนื่องเป็นทางแคบๆ หรือเกิดในผลผลิตที่แห้งไประยะหนึ่งแล้ว ซึ่งแรงผ่านช่องแคบหมดไป น้ำจะต้องแพร่ผ่านเซลล์ จึงทำให้เคลื่อนที่ไปได้ช้า

ปริมาณความชื้นในผลผลิต สามารถแสดงได้เป็น 2 แบบดังนี้

1. ปริมาณความชื้นมาตรฐานเปียก (Wet basis) มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

$$M_w = \frac{(w-d) \times 100}{w} \qquad (2.8)$$

2. ปริมาณความชื้นมาตรฐานแห้ง (Dry basis) มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

$$M_d = \frac{(w-d) \times 100}{d} \qquad (2.9)$$

เมื่อ M_w = เปอร์เซ็นต์ความชื้นมาตรฐานเปียก

M_d = เปอร์เซ็นต์ความชื้นมาตรฐานแห้ง

w = น้ำหนักเริ่มต้นก่อนอบแห้ง (kg)

d = น้ำหนักแห้ง (Dry matter) (kg)

2.3.3 สมดุลพลังงานสำหรับการอบแห้ง

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

$$m_w h_{fg} = m_a C_a (T_d - T_f) t \qquad (2.10)$$

เมื่อ m_w = มวลของน้ำที่ระเหยออกจากวัสดุ (kg)

h_{fg} = ความร้อนแฝงของการระเหยน้ำ (kJ/kg)

m_a = อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (kg/s)

C_a = ความร้อนจำเพาะของอากาศ (kJ/kg $^{\circ}$C)

T_d = อุณหภูมิอากาศก่อนอบแห้ง ($^{\circ}$C)

T_f = อุณหภูมิอากาศหลังอบแห้ง ($^{\circ}$C)

t = เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง (sec)

สำหรับปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากวัสดุ สามารถหาได้จากความสัมพันธ์ของสมการดังต่อไปนี้

$$m_w = m_{p,i} [1 - (M_f + 1) / (M_i + 1)] \qquad (2.11)$$

เมื่อ $m_{p,i}$ = น้ำหนักเริ่มต้นของวัสดุ (kg)

M_i = ความชื้นเริ่มต้นของวัสดุ (%M_d)

M_f = ความชื้นสุดท้ายของวัสดุ (%M_d)

2.3.4 การประเมินสมรรถนะในการอบแห้ง

การประเมินสมรรถนะของเครื่องอบแห้งแบบสลับทิศทางอากาศร้อนสามารถหาได้จากสมการดังต่อไปนี้

อัตราการอบแห้งเฉลี่ย (Drying rate , DR) คิดจากปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากวัสดุต่อระยะเวลาในการอบแห้ง มีหน่วยเป็น kg/h หรือคิดจากปริมาณความชื้นซึ่งมีหน่วยเป็น $\%M_d$ /h

$$DR = (m_{p,i} - m_{p,f}) / t \quad (2.12)$$

หรือ

$$DR = (M_i - M_f) / t \quad (2.13)$$

เมื่อ $m_{p,f}$ = น้ำหนักสุดท้ายของวัสดุ (kg)

อัตราการระเหยน้ำจำเพาะ (Specific moisture extraction rate , SMER) คือ ปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากวัสดุต่อพลังงานที่ใช้ตลอดการอบแห้ง มีหน่วยเป็น kg/kW.h

$$SMER = (m_{p,i} - m_{p,f}) / P_e \quad (2.14)$$

เมื่อ P_e = ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kW.h)

ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (Specific energy consumption , SEC) เป็นส่วนกลับของ SMER กล่าวคือ เป็นพลังงานที่ใช้ต่อปริมาณการระเหยน้ำ มีหน่วยเป็น MJ/kg

$$SEC = 3.6 P_e / (m_{p,i} - m_{p,f}) \quad (2.15)$$

2.3.5 เทคนิคการอบแห้งผลไม้แบบต่างๆ (สมชาติ , 2540)

1. การอบแห้งแบบตู้

เป็นการอบแห้งผลิตภัณฑ์ด้วยลมร้อน ภายในตู้มีถาดบรรจุวัตถุดิบ เป็นวิธีการพื้นฐานที่มีใช้กันทั่วไปสำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก อุณหภูมิอากาศร้อนที่ใช้กันโดยทั่วไปสำหรับอบแห้งผลไม้ประมาณ 60 – 70 องศาเซลเซียส

2. การอบแห้งแบบอุโมงค์

เป็นวิธีการอบคล้ายกับแบบตู้ แต่ตัวตู้มีความยาวมาก ทำให้ดูเหมือนอุโมงค์ ภายในอุโมงค์จะมีรถเข็นจำนวนหลายคันบรรจุถาดซึ่งมีผลิตภัณฑ์อยู่ ทุกๆช่วงเวลาหนึ่งจะมีการนำเอารถเข็นที่ผลิตภัณฑ์แห้งดีแล้วออกจากอุโมงค์ ทิศทางการเคลื่อนที่ของลมร้อนและรถเข็นอาจจะเป็นแบบไหลตามกัน หรือสวนทางกันก็ได้

3. การอบแห้งแบบสายพาน

เป็นการอบแห้งผลิตภัณฑ์บนสายพานเคลื่อนที่ ซึ่งตัวสายพานมีรูให้อากาศไหลผ่านได้ ส่วนมากมักอบให้มีความชื้นลดลงจนถึงระดับหนึ่ง เพื่อให้การอบแห้งเป็นไปอย่างทั่วถึง อาจมีการสลับทิศทางอากาศจากขึ้นบนสลับกับลงล่าง ในช่วงแรกที่ผลิตภัณฑ์ยังมีความชื้นสูงอยู่อาจใช้อุณหภูมิของอากาศค่อนข้างสูง และเมื่อผลิตภัณฑ์เคลื่อนที่ไปตามสายพานระยะหนึ่งและมีความชื้นต่ำลง อาจใช้อุณหภูมิต่ำลงได้

4. การอบแห้งแบบแช่แข็ง

เป็นการอบแห้งผลิตภัณฑ์ที่แช่แข็งมาแล้วภายใต้สภาวะสูญญากาศ ทำให้น้ำแข็งระเหิดกลายเป็นไอ ซึ่งเป็นผลให้ผลิตภัณฑ์หลังอบแห้งมีโครงสร้างที่ดี คือมีโครงสร้างเปิดเป็นรูพรุน ซึ่งเป็นผลให้สามารถทำให้กลับคืนรูปเดิมได้ดีด้วย

5. การอบแห้งโดยไมโครเวฟ

เป็นการอบแห้งโดยใช้ช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เหมาะสม ซึ่งสามารถทะลุทะลวงเข้าไปในตัวผลิตภัณฑ์ที่ต้องการให้แห้ง โดยคลื่นดังกล่าวจะถูกดูดกลืนโดยน้ำที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ ดังนั้นการระเหยน้ำจึงเป็นไปอย่างรวดเร็วมาก

6. การลดความชื้นโดยการออสโมซีส

เป็นการลดความชื้นโดยกระบวนการออสโมซีส ซึ่งทำโดยการนำผลิตภัณฑ์ใส่ลงในน้ำเชื่อม เนื่องจากความเข้มข้นของน้ำตาลในผลิตภัณฑ์และน้ำเชื่อมแตกต่างกัน ดังนั้นจึงเกิดการแพร่ของน้ำจากผลิตภัณฑ์สู่น้ำเชื่อมที่เข้มข้นกว่า เราอาจลดความชื้นได้ครึ่งหนึ่งของความชื้นเริ่มต้น จากนั้นจึงนำไปอบแห้งตามปกติต่อไป

2.4 การเปลี่ยนแปลงของผลผลิตหลังการอบแห้ง

การอบแห้งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอาหารมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับธรรมชาติของผลผลิตและสภาวะที่ใช้ในการอบแห้ง ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงหลายประการคือ (สุคนธ์ชื่น , 2539)

2.4.1 การหดตัว

การเสียน้ำทำให้เซลล์ของผลผลิตหดตัวจากผิวนอก ส่วนที่แข็งจะคงสภาพได้ ส่วนที่อ่อนกว่าจะเว้าลงไป อาหารที่มีน้ำมากจะหดตัวบิดเบี้ยวมาก การทำแห้งอย่างรวดเร็วจะทำให้ผลผลิตเกิดการหดตัวน้อยกว่าการทำแห้งแบบช้าๆ

2.4.2 การเปลี่ยนสี

ผลผลิตที่ผ่านการทำแห้งมักมีสีเข้มขึ้นเนื่องจากความร้อน หรือปฏิกิริยาเคมีการเกิดสีน้ำตาล อุณหภูมิและช่วงเวลาที่ผลผลิตมีความชื้นร้อยละ 10 – 20 เปอร์เซ็นต์ จะมีผลต่อความเข้มของสี จึงควรหลีกเลี่ยงการใช้อุณหภูมิสูงในช่วงความชื้นดังกล่าว สิทธิวัฒน์ (2544) กล่าวว่าปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในระบบของอาหารมี 2 แบบ คือ การเกิดสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์ (Non – enzymatic browning reaction) และแบบใช้เอนไซม์ (Enzymatic browning reaction) ซึ่งในการอบแห้งจะพบปฏิกิริยาแบบไม่ใช้เอนไซม์ หรือเรียกว่า ปฏิกิริยาเมลลาด (Maillard reaction) เป็นผลมาจากการทำปฏิกิริยากันระหว่าง อัลโดส (Aldoses – reducing sugars) กับกรดอะมิโน (Amino acid) ในกลุ่ม เมลานอยดินส์ (Melanoidins) คือ Brown nitrogenous polymers หรือ Copolymer โดยที่อัตราการเกิดปฏิกิริยาขึ้นอยู่กับ เปอร์เซ็นต์ความชื้น และ อุณหภูมิ

2.4.3 การเกิดเปลือกแข็ง

เป็นลักษณะที่ผิวของผลผลิตมีสภาพแข็งคล้ายเปลือกหุ้มส่วนในซึ่งยังไม่แห้งไว้ การเกิดลักษณะเช่นนี้จากในช่วงแรกที่มีการระเหยน้ำเร็วเกินไป น้ำจากด้านในเคลื่อนที่มาที่ผิวไม่ทัน หรืออาจมีสารละลายของน้ำตาลและโปรตีนเคลื่อนที่มาจับตัวแข็งอยู่ที่ผิว เหตุการณ์เช่นนี้สามารถหลีกเลี่ยงได้โดยไม่ใช้อุณหภูมิสูง และควรปรับอากาศให้มีความชื้นสูงเพื่อไม่ให้ผิวของผลผลิตแห้งก่อนเวลาอันควร

2.4.4 การเสียความสามารถในการคืนสภาพ

ผลผลิตแห้งบางชนิดต้องนำมาคืนสภาพ แต่การคืนสภาพโดยการเติมน้ำจะไม่ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเหมือนเดิม เพราะเซลล์ของผลิตภัณฑ์เสียความยืดหยุ่นของผนังเซลล์โปรตีนก็เสียความสามารถในการดูดน้ำ

2.4.5 การเสียคุณภาพทางอาหารและสารระเหย

เป็นการเกิดการเสื่อมสลายของวิตามีน และแคโรทีนจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไรโบฟลาวิน (Rhiboflavin oxidation)จากแสง ไทอะมีนจากความร้อน ถ้าใช้เวลาในการอบแห้งนาน การสูญเสียจะมากขึ้น โปรตีนมีการสูญเสียบางส่วนเนื่องจากความร้อนเช่นเดียวกัน การสูญเสียสารระเหยเนื่องจากความร้อนส่งผลให้กลิ่นแตกต่างไปจากเดิม

2.5 การผลิตลำไยอบแห้ง และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.5.1 กระบวนการผลิตเนื้อลำไยอบแห้ง

กระบวนการอบแห้งลำไยเฉพาะเนื้อ เป็นการนำลำไยสดมาคว้านเอาเมล็ดออกด้วยตุ๊ดตู่หรือด้ามช้อนแสตนเลสที่ลับจนคม เมื่อแกะเปลือกออก นำเนื้อมาแช่สารละลายโปตัส- เซียมเมตาไบด์ซัลไฟต์ แล้วนำไปเรียงบนตะแกรงโปร่งหรือกระด้งจนสะเด็ดน้ำ ทำการอบด้วยความร้อนจนเนื้อลำไยแห้ง อุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้จะแตกต่างไปตามชนิดของเตาหรือตู้อบ เช่นเดียวกับสีของเนื้อลำไยอบแห้ง ซึ่งมีตั้งแต่สีเหลืองทองไปจนถึงดำ

รัตนา (2541) รายงานถึงการแปรรูปลำไยอบแห้งเฉพาะเนื้อว่า มีการใช้ลำไยร่วงเป็นวัตถุดิบ เนื่องจากราคาถูกกว่าลำไยช่อ สามารถใช้ได้ทุกสายพันธุ์แต่ถ้าใช้พันธุ์ดอจะให้เปอร์เซ็นต์ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์อื่นๆ และเป็นที่นิยมนำมาอบมากที่สุด (ร้อยละ 84.5) เหตุที่เกษตรกรไม่ใช้ลำไยพันธุ์อื่นเช่น แห้ว สีชมพู เบี้ยวเขี้ยว เพราะว่าเป็นพันธุ์ที่มีปริมาณน้ำตาลมาก เมื่ออบแห้งแล้วเนื้อลำไยจะแฉะ สีไม่สวย ผู้วิจัยได้ แนะนำกรรมวิธีที่เหมาะสมต่อการอบแห้งเฉพาะเนื้อ คือการนำลำไยสดพันธุ์ดอมาคว้านเอาเมล็ดออก นำเนื้อลำไยมาแช่สารละลายโปตัสเซียมเมตาไบด์ซัลไฟต์ 30 กรัม ต่อน้ำ 10 ลิตร ต่อเนื้อลำไย 10 กิโลกรัม ซึ่งอัตราส่วนของลำไยทั้งผลเมื่อแกะเหลือแต่เนื้อจะเท่ากับ 1 : 0.681 จากนั้นเรียงบนตะแกรงโปร่ง หรือกระด้ง นำเข้าอบในตู้ที่มีอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12–15 ชั่วโมง จนเนื้อลำไยแห้งที่ความชื้นต่ำกว่า 18 เปอร์เซ็นต์ (M_w)

2.5.2 เครื่องอบแห้งแบบสลับทิศทางอากาศร้อน

พัฒนาภรณ์ (2542) ทดลองอบแห้งพริกขี้หนูด้วยเครื่องอบแห้งแบบสลับหมุนเวียนอากาศร้อน ซึ่งมีการออกแบบให้อากาศร้อนเข้าทางด้านบนและด้านล่าง ภายในตู้ประกอบด้วยกล่องไม้สำหรับบรรจุผลผลิตขนาด 0.4 x 0.4 x0.8 เมตร จำนวน 4 กล่อง สามารถบรรจุพริกได้กล่องละ 23 กิโลกรัม ใช้อุณหภูมิในการอบ 75 องศาเซลเซียส พบว่าการสลับทิศทางอากาศร้อนมีแนวโน้มในการลดความชื้นสูงกว่าไม่สลับหมุนเวียนอากาศ เนื่องจากการสลับหมุนเวียนอากาศร้อนเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการกระจายอุณหภูมิภายในตู้อบ

ศุภศักดิ์ (2544) ได้พัฒนาเครื่องอบแห้งลำไยทั้งเปลือกด้วยระบบสลับหมุนเวียนลมร้อน ให้บรรจุลำไยในลิ้นชักไม้ได้ 3 ชั้น ขนาด 0.4 x 0.4 x 0.2 เมตร มีปริมาตรบรรจุ 0.032 ลูกบาศก์เมตร รวม 12 ลิ้นชัก พื้นของลิ้นชักทำด้วยเหล็กตะแกรง ระบบการทำงานของเครื่องฯ มีการสลับทิศทางอากาศขึ้นออกทางด้านบน และด้านล่างของเครื่องฯ จากการทดลองอบแห้งลำไยทั้งเปลือก เกรด เอ และ บี ด้วยอุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส ที่ความเร็วลม 0.5 – 0.6 เมตรต่อวินาที พบว่าสามารถอบลำไยได้ที่ชั้นความหนา 60 เซนติเมตร ลำไยขนาดใหญ่ (เกรด เอ) จะใช้เวลาในการอบมากกว่าลำไยเกรด บี ซึ่งมีขนาดเล็กกว่า ถ้าต้องการความชื้นสม่ำเสมอโดยทั่วกันในการอบแต่ละครั้ง ควรมีการคัดขนาดลำไยก่อนอบ นอกจากนี้ยังพบว่าช่วงระยะเวลาการสลับทิศทางอากาศร้อนที่การสลับถี่ จะให้ผลการลดความชื้นดีกว่าช่วงการสลับที่ห่าง ในด้านคุณภาพสี ลักษณะที่ปรากฏ และความแข็งกรอบของเมล็ด ตลอดจนการยอมรับรวมโดยของลำไยหลังการอบแห้ง พบว่าลำไยที่อบแห้งด้วยวิธีการสลับลมร้อน ไม่ปรากฏการแตกหรือบิดเบี้ยวของผลอีกด้วย และมีคุณภาพไม่แตกต่างไปจากลำไยที่อบแห้งด้วยวิธีการสลับตำแหน่งผลลำไยจากบนลงล่างที่เกษตรกรใช้อยู่ในปัจจุบัน

จากแนวความคิดในการสลับทิศทางอากาศร้อนเพียงอย่างเดียวนั้นอาจไม่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการลดความชื้นของผลผลิตได้ ศุภศักดิ์ และคณะ (2543) จึงได้พัฒนาเครื่องอบแห้งผลผลิตเกษตรแบบสลับทิศทางลมร้อนแบบถาดขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้วัตถุดิบในแต่ละชั้นถาดได้รับความร้อนอย่างทั่วถึงและสม่ำเสมอกัน เครื่องแบบทดลองนี้มีการกระจายอากาศร้อนผ่านผนังด้านข้างทั้งสองและผนังด้านหลัง ซึ่งเจาะรูไว้ตลอดแนวเหนือขอบบนของถาด ห้องอบมีขนาดกว้าง 65 เซนติเมตร ยาว 94 เซนติเมตร และสูง 137 เซนติเมตร มีชั้นวางถาด 9 ชั้น ถาดที่ใช้ทำด้วยโครงไม้และกรุด้วยตาข่าย มีขนาด 55 เซนติเมตร ยาว 82 เซนติเมตร และสูง 2 เซนติเมตร สำหรับห้องความร้อนประกอบด้วยระบบควบคุมอัตโนมัติ และ

อุปกรณ์ให้ความร้อนด้วยก๊าซหุงต้ม การไหลเวียนของอากาศชื้นสามารถกำหนดให้ไหลออกทางด้านบนหรือด้านล่างของตู้อบ โดยอาศัยลิ้นปีกผีเสื้อควบคุมการเปิด – ปิดท่อสลับทิศทางลม

จากการทดลองอบลำไยชนิดแกะเปลือกซึ่งมีความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ย 83.45 เปอร์เซ็นต์ (M_w) จำนวน 9 ถาด โดยบรรจุถาดละ 2.5 กิโลกรัม ใช้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ลดความชื้นลงเหลือ 15.39 เปอร์เซ็นต์ (M_w) ในเวลา 12 – 14 ชั่วโมง ด้วยวิธีการ 1.) เปิดให้อากาศชื้นไหลออกด้านบนตู้อบ 2.) เปิดให้อากาศชื้นไหลออกด้านล่างตู้อบ 3.) สลับทิศทางลมร้อนทุก 2 ชั่วโมง และ 4.) สลับลมร้อนทุก 4 ชั่วโมง พบว่าวิธีการที่ 1 สามารถลดความชื้นลำไยมีค่าเฉลี่ยทั้งตู้ต่ำกว่า 18 เปอร์เซ็นต์ (M_w) ในเวลา 14 ชั่วโมง และมีอัตราการลดความชื้นเฉลี่ย 5.62 เปอร์เซ็นต์ (M_w) ต่อชั่วโมง , วิธีการที่ 2 สามารถลดความชื้นลำไยมีค่าเฉลี่ยทั้งตู้ 18.25 เปอร์เซ็นต์ (M_w) ในเวลา 13 ชั่วโมง และมีอัตราการลดความชื้น 5.21 เปอร์เซ็นต์ (M_w) ต่อชั่วโมง วิธีการที่ 3 สามารถลดความชื้นลำไยมีค่าเฉลี่ยทั้งตู้ ต่ำกว่า 18 เปอร์เซ็นต์ (M_w) ในเวลา 12 ชั่วโมง และมีอัตราการลดความชื้น 5.72 เปอร์เซ็นต์ (M_w) ต่อชั่วโมง และวิธีการที่ 4 สามารถลดความชื้นลำไยมีค่าเฉลี่ยทั้งตู้ ต่ำกว่า 18 เปอร์เซ็นต์ (M_w)ในเวลา 14 ชั่วโมง และมีอัตราการลดความชื้น 4.86 เปอร์เซ็นต์ (M_w)ต่อชั่วโมง

จากการประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัส พบว่าคุณภาพด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและการยอมรับรวมของผู้บริโภค มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธีการที่ 4 มีคะแนนความชอบมากที่สุด นอกเหนือจากการทดลองดังกล่าวยังได้มีการวิจัยและพัฒนาต่อไป เพื่อหาความเร็วลมและระยะเวลาการสลับทิศทางอากาศร้อนที่เหมาะในเครื่องอบแบบเดิมโดย สุนีย์รัตน์ (2544) จากการทดลองอบแห้งลำไยพันธุ์ดอ จำนวน 8 ถาด ๆ ละ 3 กิโลกรัม ใช้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 0.45 และ 0.88 เมตรต่อวินาที และสลับลมร้อนที่ 0 , 3 และ 6 ชั่วโมง พบว่าความเร็วลมมีผลต่อการลดความชื้น และเวลาที่ใช้อบ แต่การไม่สลับทิศทางลมและการสลับลมขาออกให้ไหลออกทางด้านบนกับด้านล่างทุกๆ 3 และ 6 ชั่วโมง ไม่มีผลต่ออัตราการลดความชื้น และระยะเวลาการอบแห้ง การใช้ความเร็วลม 0.88 เมตรต่อวินาที โดยไม่ต้องมีการสลับลม สามารถลดความชื้นลำไยที่ความชื้นเริ่มต้น 82.84 เปอร์เซ็นต์ (M_w) จนถึง 12.04 เปอร์เซ็นต์(M_w) ด้วยเวลา 14 ชั่วโมง และเมื่อนำลำไยแห้งมาหาความสัมพันธ์ของการดูดความชื้นกลับ (Water adsorbtion isotherm) จะได้สมการ

$$(EMC) = 0.6516 + (0.2431 \times Aw) \ , \ R^2 = 0.998 \qquad (2.14)$$

เมื่อ EMC = ความชื้นสมดุล (Equilibrium moisture content) แสดงค่าเป็นทศนิยม

2.5.3 ปัจจัยที่ผลกระทบต่อการอบแห้ง

Aree *et al.* (2000) ได้ทำการทดลองหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการอบแห้งเนื้อลำไยแบบชั้นบาง โดยใช้สมการการแพร่ (Diffusion equation) เป็นพารามิเตอร์หลักในการทำนายการถ่ายเทความชื้นออกจากผลผลิตในขณะการอบแห้ง ซึ่งพบว่าการหดตัวเชิงปริมาตรของเนื้อลำไยหลังอบที่ความชื้น 20 เปอร์เซ็นต์ (M_w) มีประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ ในการสร้างแบบจำลองการแพร่ของน้ำ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับความชื้น (M_d) และอุณหภูมิ สัมประสิทธิ์การแพร่จะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจากค่าความชื้นที่ต่ำที่สุด จนถึง 280 เปอร์เซ็นต์ (M_d) และจากนั้นจะมีค่าลดลง สมการในลักษณะเช่นนี้เป็นที่ยอมรับกันการอบแห้งในผลผลิตเกษตรหลายๆ ชนิด

ในปีเดียวกัน Aree *et al.* ทดลองหาผลกระทบของอัตราของอากาศ และ อุณหภูมิในการอบแห้ง จากการทดลองอบลำไยทั้งเปลือกพบว่า ค่าอัตราการใช้พลังงานจำเพาะ (Specific energy consumption , SEC) จะขึ้นอยู่กับอัตราการไหลจำเพาะของอากาศ (Specific air flow rate , SAF) ซึ่งการเพิ่ม SAF และ อุณหภูมิในการอบแห้ง จะทำให้ค่า SEC มีค่าลดลงและอัตราการไหลของอากาศนั้นจะมีความสัมพันธ์กับความเร็วในการอบแห้งซึ่ง Belghit *et al.* (2000) ทำการทดลองถึงผลกระทบของความเร็วลม และอุณหภูมิของการอบแห้งพืชจำพวก Aromatic พบว่าความเร็วลมสูงและอุณหภูมิสูง จะสามารถลดความชื้นได้เร็วกว่าและมีอัตราการอบแห้งที่สูงกว่าการใช้ความเร็วลมและอุณหภูมิต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ธงชัย (2537) ที่ทำการศึกษาการอบแห้งแบบชั้นบาง และความชื้นสมดุลของพริกขี้หนูในช่วงอุณหภูมิ 44 – 65 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 21 – 65 เปอร์เซ็นต์ และความเร็วของอากาศอยู่ในช่วง 0.9 –1.9 เมตรต่อวินาที พบว่าอัตราการอบแห้งของพริกขี้หนูเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิอบแห้งที่เพิ่มขึ้น แต่จะลดลงเมื่อความชื้นของอากาศอบเพิ่มขึ้น

อย่างไรก็ตาม การใช้อุณหภูมิที่สูงเกินไปในผลผลิตหลายๆ ชนิดอาจทำให้คุณภาพเสื่อมลงได้ จงจิตร์ และคณะ (2541) กล่าวว่าการใช้อุณหภูมิสูงในการอบแห้งกระเทียม โดยใช้อุณหภูมิที่สูงกว่า 50 องศาเซลเซียส จะทำให้กระเทียมมีลักษณะเหมือนกระเทียมลวกไม่เป็นที่นิยมของตลาด Soponronnarit *et al.* (2001) รายงานว่า การใช้อุณหภูมิสูงจะทำให้อัตราการถ่ายเทมวลสารสูง หรือมีการเคลื่อนที่ของน้ำเร็วเกินไป อุณหภูมิที่ผิวและภายในเมล็ดแตกต่างกันมาก จึงทำให้เกิดการแตกร้าวในการอบแห้งถั่วเหลืองได้

การลดภาระของแรงงานในอบแห้งอีกรูปแบบหนึ่ง คือการเคลื่อนที่ถาดบรรจุผลผลิตโดยอัตโนมัติ ซึ่งพีระพันธุ์ (2539) ได้พัฒนาเครื่องอบแห้งผลไม้แบบถาดหมุนและทำการทดลองอบแห้งมะเขือเทศแช่อิ่ม ที่อุณหภูมิ 55 , 60 และ 65 องศาเซลเซียส โดยมีอัตราการไหล

ของอากาศ 0.5752 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที และ 0.7129 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที พบว่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นอัตราการอบแห้งจะเพิ่มขึ้นและการหมุนถาดบรรจุผลผลิตจะช่วยให้ได้ความชื้นสุดท้ายที่สม่ำเสมอกว่าการอบแห้งเมื่อถาดหยุดนิ่ง เช่นเดียวกับที่ Adam and Thompson (1985) ได้กล่าวถึง ความแตกต่างของความชื้นสุดท้ายของผลผลิตที่ได้จากการอบแห้งด้วยเครื่องอบแบบอุโมงค์ ที่มีการไหลของอากาศร้อนไปตามทิศทางการเคลื่อนที่ของผลผลิต ซึ่งก็คือถาดผลผลิตวางอยู่บนชั้นของรถเข็นเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกัน จะขึ้นอยู่กับความสม่ำเสมอของการไหลของอากาศที่เข้าสู่ตู้อบ การเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องชนิดนี้สามารถทำได้โดยการเพิ่มอุปกรณ์ในการบังคับทิศทางลมและครีบการกระจายลมที่สม่ำเสมอจะช่วยลดความแตกต่างของความชื้นสุดท้ายได้

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University