บทที่ 3

การทดลอง

3.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

ปลาหมึกกล้วยสด ชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Loligo sp. จากท่าเทียบเรือประมง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา มีขนาด 24-30 ตัว/กิโลกรัม ส่วนของลำตัวเมื่อผ่ากลางเอาเครื่องในออกแล้ว จะมีความยาวเฉลี่ย 10.4 $\pm$ 0.5 เซนติเมตร ความกว้างเฉลี่ย 7.8 $\pm$ 0.4 เซนติเมตร ความหนาเฉลี่ย 4.1 $\pm$ 0.4 มิลลิเมตร

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

3.2.1 เทอร์โมมิเตอร์ แบบปรอทสามารถวัดอุณหภูมิตั้งแต่ 0-100°ซ

3.2.2 Infrared Moisture Meter ของบริษัท Kett รุ่น FD-1 สามารถวิเคราะห์ปริมาณความชื้นตั้งแต่ร้อยละ 0-100

3.2.3 Digital Thermometer/F_o-value computer ของบริษัท Ellab รุ่น CTF 82 สามารถวัดอุณหภูมิตั้งแต่ -60 ถึง 199.9°ซ

3.2.4 ตู้บ่มเชื้อจุลินทรีย์ ของบริษัท Willi Memmert KG สามารถควบคุมอุณหภูมิตั้งแต่ 30-220°ซ

3.2.5 เครื่องชั่งละเอียด ชั่งน้ำหนักได้ตั้งแต่ 0.0001-160 กรัม

3.2.6 เครื่องชั่งละเอียด ชั่งน้ำหนักได้ตั้งแต่ 0.001-160 กรัม

3.2.7 เครื่องชั่งอาหาร ชั่งน้ำหนักได้ตั้งแต่ 0.005-20 กิโลกรัม

3.2.8 เครื่องปั่นผสม ของบริษัท Waring Blendor รุ่น 8420

3.2.9 Spectronic 21 UVD Spectrophotometer ของบริษัท Bausch & Lomb สามารถปรับความยาวคลื่นได้ตั้งแต่ 200-1000 นาโนเมตร

3.2.10 Hygro-Thermograph ของบริษัท Bestellzeichen รุ่น 620 สามารถวัดอุณหภูมิของอากาศตั้งแต่ -15 ถึง 65°ซ และความชื้นสัมพัทธ์ตั้งแต่ร้อยละ 0-100

3.2.11 เครื่องปิดผนึกถุงบรรจุโดยใช้ความร้อนของบริษัท Master Impulse รุ่น 310, 220 โวลต์, 250 วัตต์, 50/60 ~

3.2.12 เตาอบไฟฟ้ายองบริษัท G.E. รุ่น JB. C 26 0V.2 FA อบได้อุณหภูมิตั้งแต่ 200-500 °F

3.2.13 เครื่องวัดความเข้มพลังงานแล่งอาทิตย์หรือไพราโนมิเตอร์ยองบริษัท Kipp and Zonen รุ่น CM6 เป็นอุปกรณ์มาตรฐานระดับล่ากล ใช้หลักการยองเทอร์โมไพล์ติดตั้งบนดาดฟ้าอาคารฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยล่งยลานครินทร์ ค่าเทียบมาตรฐาน 126 มิลลิโวลต์ รังสีแล่งอาทิตย์ 1 วัตต์ ต่อตารางเซนติเมตร ความต้านทานภายในยองเทอร์โมไพล์เป็น 10.9 โอห์ม

3.2.14 เครื่องบันทึกกราฟ ยองบริษัท Kipp and Zonen รุ่น BD 8 ตั้งเครื่อง 20 มิลลิโวลต์เต็มล่เกล และแกนเวลา 0.5 มิลลิเมตรต่อนาที จากกราฟจะล่ามารถอ่านความเข้มแล่งอาทิตย์ หน่วยวัตต์ต่อตารางเมตรที่เวลาใดๆ ยองวันได้

3.2.15 เครื่องอินติเกรตสัญญาณไฟฮิเล็กทรอนิคล์ ยองบริษัท Kipp and Zonen รุ่น C.C. 10 จะอินติเกรตสัญญาณไฟฟ้าจากเครื่องวัดความเข้มพลังงานแล่งอาทิตย์แล้วพิมพ์ค่าความเข้มพลังงานแล่งอาทิตย์ต่อวันบนกระดาษพิเศษโดยอัตโนมัติทุกวัน

3.2.16 Air dryer ล่ง 1.55 เมตร กว้าง 0.66 เมตร และยาว 1.80 เมตร ล่ามารถบรรจุอาหารในถาดอบได้ 12 ชั้น แรงลมที่ได้จากการหมุนยอง blower เป่ายตลวดร้อนผ่านไปยังถาดที่ใล่อาหาร ล่ามารถให้ความร้อนในการอบได้ล่งล่ด 100 °ซ มี thermostat ควบคุมอุณหภูมิโดยอัตโนมัติและทำงานได้ตลอด 24 ชั่วโมง

3.2.17 ตู้อบแห้งพลังงานแล่งอาทิตย์ ในการศึกษาครั้งนี้จะใช้ตู้อบแห้งพลังงานแล่งอาทิตย์แบบต่างกันล่ามแบบดังนี้

3.2.17.1 ตู้อบแห้งพลังงานแล่งอาทิตย์แบบที่ 1 ต้นแบบมาจากเครื่องอบแห้งพลังงานแล่งอาทิตย์ยองล่ถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชียประเทล่ไทย (13) แต่ทำการดัดแปลงโดยใช้วัลดุก่อล่ร้างราคาถูก ได้แก่ไม้ยางพารา และไม้อัดล่ำหรับทำโครงตู้อบแห้ง พื้นที่แผงรับแล่งอาทิตย์มีขนาด 2.00 x 3.00(เมตร)^2 แผงรับแล่งอาทิตย์ประกอบด้วยแกลบเผาลีดำคลุมด้วยพลาล่ติกใล่ (พีวีซี) ความหนา 0.50 มิลลิเมตรเอียงเป็นมุม 10° ล่วนด้านข้างและตัวตู้จะปิดด้วยพลาล่ติกใล่ (พีวีซี) ความหนา 0.15 มิลลิเมตร ด้านหลังตัวตู้ติดบานพับ ล่ำหรับนำวัตถุที่จะอบแห้งเข้าออกจากตู้อบแห้ง ชั้นวางตะแกรงอบแห้งมีลักษณะเป็น

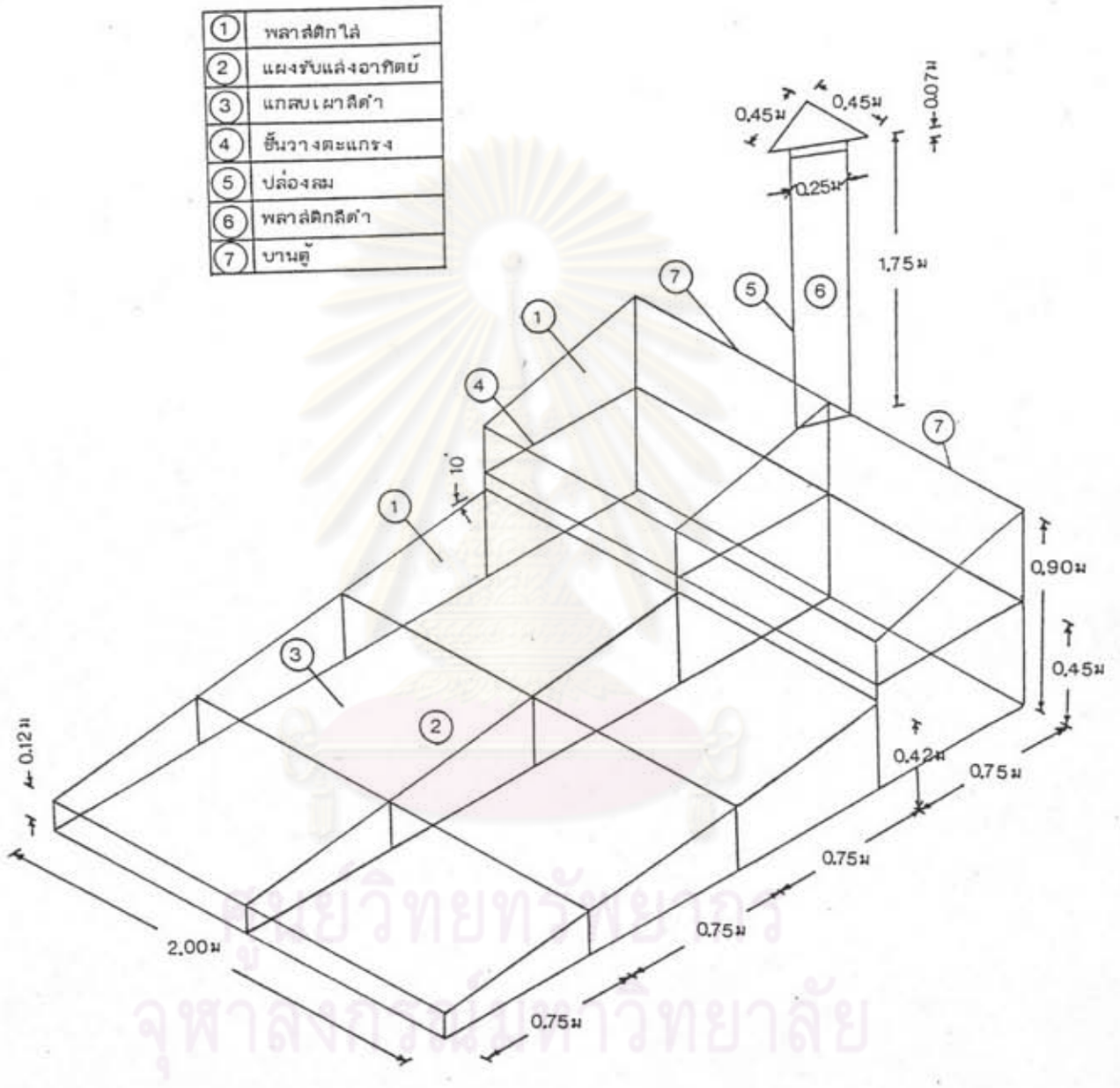
ชั้นเดียว พื้นที่สำหรับวางวัตถุที่จะอบแห้งมีขนาด 0.75 x 2.00 (เมตร)^2 ปล่องลมซึ่งเป็นทางระบายอากาศขึ้นออก ทำด้วยโครงไม้ยางพาราคลุมด้วยพลาสติกสีดำ ติดตั้งอยู่บนส่วนที่สูงที่สุดของหลังคาตู้อบแห้งลักษณะของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบที่ 1 ดังแสดงในรูปที่ 7

3.2.17.2 ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบที่ 2 ออกแบบโดยภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์วิทยาเขตหาดใหญ่ แตกต่างจากตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบที่ 1 ในแง่ขนาดของพื้นที่แผงรับแสงอาทิตย์ พื้นที่สำหรับวางวัตถุที่จะอบแห้ง และลักษณะของชั้นวางตะแกรงอบแห้ง โดยพื้นที่แผงรับแสงอาทิตย์มีขนาด 1.05 x 3.10 (เมตร)^2 แผงรับแสงอาทิตย์ประกอบด้วยแกลบเผาสีดำคลุมด้านบนด้วยพลาสติกใส (พีวีซี) ความหนา 0.50 มิลลิเมตร เอียงเป็นมุม 10° ด้านข้างและตัวตู้จะปิดด้วยพลาสติกใส (พีวีซี) ความหนา 0.15 มิลลิเมตร ด้านหลังตัวตู้ติดบานพับเช่นเดียวกับตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบที่ 1 ชั้นวางตะแกรงอบแห้งมีลักษณะเป็นล่องชั้น พื้นที่สำหรับวางวัตถุที่จะอบแห้งแต่ละชั้นมีขนาด 1.00 x 1.00 (เมตร)^2 และมีปล่องลมคลุมด้วยพลาสติกสีดำ ติดตั้งบนส่วนที่สูงที่สุดของหลังคาตู้อบแห้ง ลักษณะของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบที่ 2 ดังแสดงในรูปที่ 8

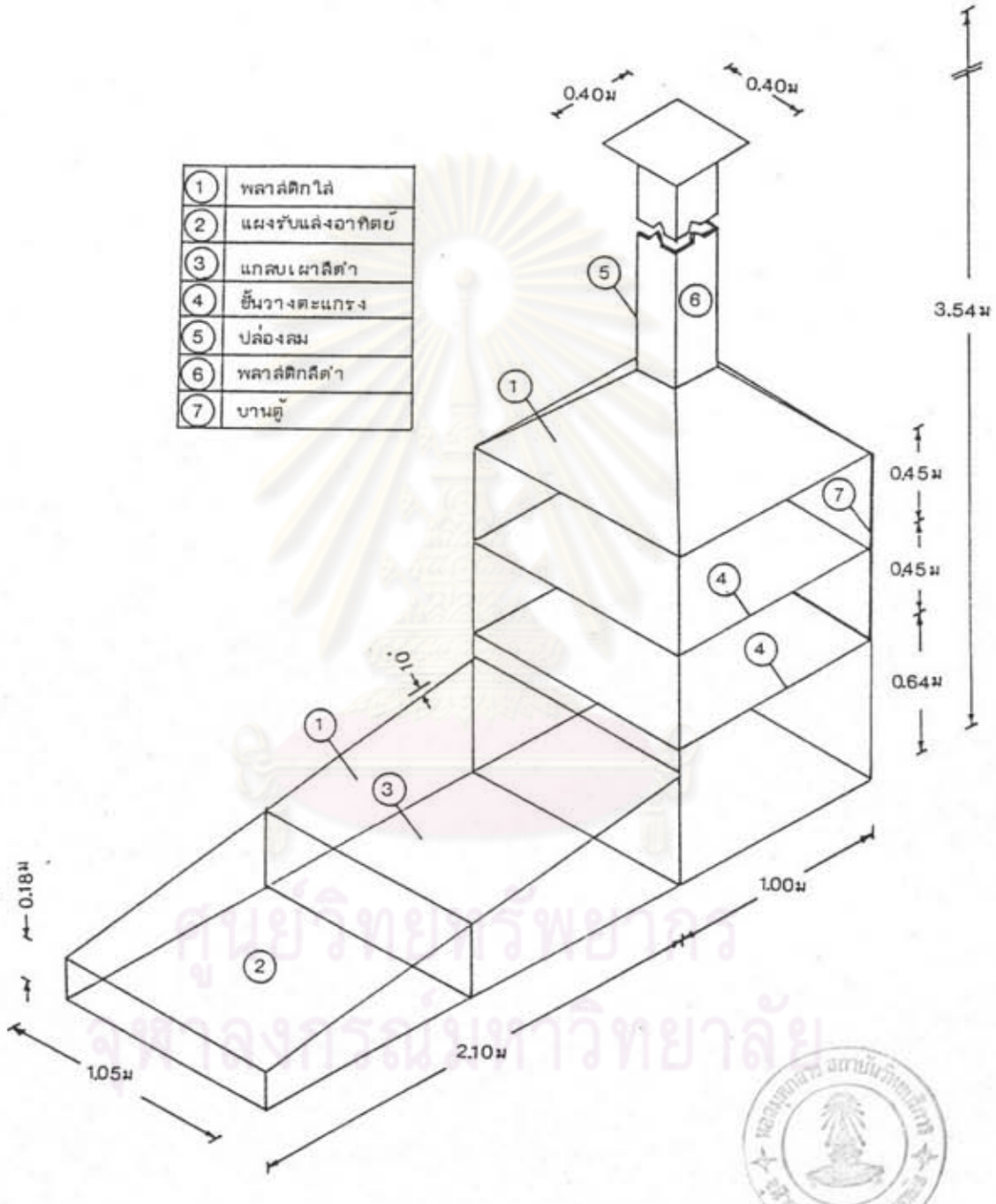
3.2.17.3 ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบที่ 3 ออกแบบโดยภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์วิทยาเขตหาดใหญ่ ลักษณะของแผงรับแสงอาทิตย์จะแตกต่างจากตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบที่ 1 และแบบที่ 2 โดยมีพื้นที่แผงรับแสงอาทิตย์ขนาด 1.00 x 1.13 (เมตร)^2 แผงรับแสงอาทิตย์มีลักษณะเป็นกล่องไม้สี่เหลี่ยมผืนผ้า ประกอบด้วยสังกะสีลอนใหญ่ทาสีดำด้าน ปิดด้านบนด้วยพลาสติกใส (พีวีซี) ความหนา 0.50 มิลลิเมตร ติดตั้งด้านหน้าตอนล่างของตู้อบแห้ง วางเอียงเป็นมุม 13° ตัวตู้ปิดด้วยพลาสติกใส (พีวีซี) ความหนา 0.15 มิลลิเมตร ด้านหลังติดบานพับเช่นกัน ชั้นวางตะแกรงอบแห้งมีลักษณะเป็นล่องชั้น พื้นที่สำหรับวางวัตถุที่จะอบแห้งแต่ละชั้นมีขนาด 1.00 x 1.00 (เมตร)^2 ส่วนที่สูงที่สุดของหลังคาตู้อบแห้ง จะติดตั้งปล่องลมตามแนวยาวของตู้ ลักษณะของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบที่ 3 ดังแสดงในรูปที่ 9

3.3 สถานที่ทำการทดลอง

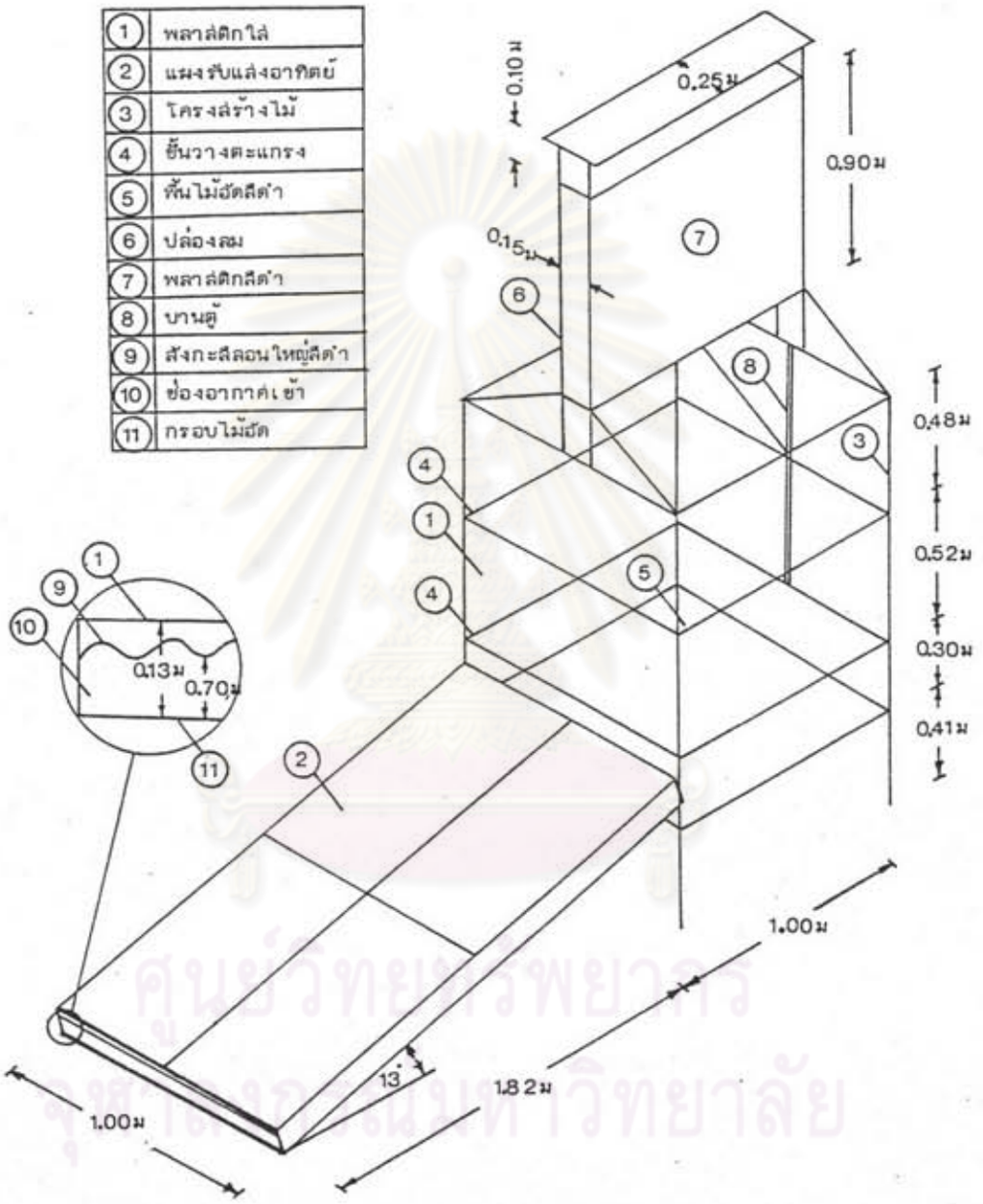
อาคารปฏิบัติการแปรรูปอุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์วิทยาเขตหาดใหญ่ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัด



รูปที่ 7 ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ แบบที่ 1



รูปที่ 8 ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ แบบที่ 2



รูปที่ 9 ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ แบบที่ 3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ล่งยลา ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์คือ เส้นแวงที่ 100° 30' 10.76" ตะวันออก เส้นรุ้งที่ 7° 00' 22.25" เหนือ ค่าความเข้มพลังงานแล่งอาทิตย์เฉลี่ยตลอดปีเท่ากับ 16.6 เมกะจูล ต่อตารางเมตร-วัน (47)

3.4 ศึกษาสภาวะการอบแห้งของตู้อบแห้งพลังงานแล่งอาทิตย์

วิธีการทดลอง

บันทึกสภาวะการอบแห้งได้แก่ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ตลอดจนความเข้มพลังงานแล่งอาทิตย์ ทุก ๆ ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 7.00 น. - 18.00 น. ของวันที่ทำการทดลองดังนี้

- วัดอุณหภูมิของอากาศในแต่ละชั้นภายในตู้อบแห้งทั้งสามแบบและบริเวณที่ทำการทดลอง
- หาความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในตู้อบแห้งและบริเวณที่ทำการทดลอง โดยวัดอุณหภูมิกระเปาะแห้ง และอุณหภูมิกระเปาะเปียกแล้วอ่านความชื้นสัมพัทธ์จากตาราง ไซโครเมตริก (48)
- วัดความเข้มพลังงานแล่งอาทิตย์ โดยใช้เครื่องวัดความเข้มพลังงาน แล่งอาทิตย์ และเครื่องอินติเกรตสัญญาณไฟฟ้าอิเล็กทรอนิคส์

3.5 ศึกษาเปรียบเทียบการอบแห้งปลาหมึกกล้วย โดยตู้อบแห้งพลังงานแล่งอาทิตย์แบบที่ 1 แบบที่ 2 แบบที่ 3 และการตากแดดกลางแจ้ง

การเตรียมวัตถุดิบ

ปลาหมึกกล้วยล่ดล้างด้วยน้ำเกลือความเข้มข้นร้อยละ 3 ผ่าท้องจากส่วนหัว ตลอดความยาวของลำตัว เอาส่วนต่าง ๆ ที่อยู่ภายในและตาออกขณะผ่าจะล้างให้ล่ะอาดด้วย น้ำเกลือร้อยละ 3 จากนั้นล้างอีกครั้งด้วยน้ำธรรมดาทิ้งให้ล่ะเด็ดน้ำ 15 นาที จึงแย่น้ำเกลือ ความเข้มข้นร้อยละ 3 นาน 2 นาที ล่ะเด็ดน้ำ 15 นาที พร้อมที่จะนำไปอบแห้งต่อไป

ในการศึกษาครั้งนี้ จะเตรียมวัตถุดิบสำหรับอบแห้งในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ตู้อบแห้งละ 5 กิโลกรัมที่เท่ากันทุกการทดลอง

วิธีการทดลอง

ปลาหมึกกล้วยที่เตรียมเรียบร้อยแล้วนำอบแห้งโดยตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบที่ 1, แบบที่ 2, แบบที่ 3 และตากแดดกลางแจ้งอบแห้งจนกระทั่งปลาหมึกกล้วยมีปริมาณความชื้นร้อยละ 18-22 ขณะอบแห้งทุก ๆ ชั่วโมง จะบันทึกข้อมูลดังต่อไปนี้

- วัดอุณหภูมิของอากาศภายในตู้อบแห้งและบริเวณที่ทำการทดลอง
- หาความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในตู้อบแห้งและบริเวณที่ทำการทดลอง
- วัดความเข้มพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้ในกระบวนการอบแห้ง โดยเครื่องวัดความเข้มพลังงานแสงอาทิตย์ เครื่องบันทึกกราฟและเครื่องอินติเกรตสัญญาณไฟฟ้าอิเล็กทรอนิคส์
- วัดอุณหภูมิของปลาหมึกกล้วย โดยใช้ Digital Thermometer
- หาปริมาณความชื้นของปลาหมึกกล้วย โดยใช้ Infrared Moisture Meter
- หาอัตราการระเหยน้ำออกจากปลาหมึกกล้วยและประสิทธิภาพเชิงความร้อนของการอบแห้งปลาหมึกกล้วย
- ผลิตภัณฑ์ปลาหมึกกล้วยแห้งที่ได้จากการอบแห้งจะปล่อยให้เย็นตัวที่อุณหภูมิห้องประมาณ 30 นาที จึงชั่งน้ำหนักแล้วนำไปตรวจสอบคุณภาพดังนี้

1. หาปริมาณของความชื้นโดยเครื่อง Infrared Moisture Meter
2. หาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดตามวิธีของ BAM (49) ในภาคผนวก ค
3. หาปริมาณเกลือแกงตามวิธีของ A.O.A.C. (50)
4. ประเมินลักษณะปรากฏ, กลิ่น, รสชาติ, เนื้อสัมผัส และคะแนนรวมของผลิตภัณฑ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวางแผนการทดลองเพื่อวิเคราะห์ผลในขั้นตอนนี้เลือกแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (completely randomized design) ทดลองทั้งสิ้นรวม 2 ซ้ำ (51)

3.6 การเลือกตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบที่เหมาะต่อกระบวนการผลิตปลาหมึกกล้วยแห้ง

หลักการพิจารณาเพื่อเลือกตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบที่เหมาะสม มีดังนี้

1. อัตราการระเหยน้ำออกจากปลาหมึกกล้วย
2. ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของการอบแห้งปลาหมึกกล้วย
3. คุณภาพของปลาหมึกกล้วยแห้ง จากการประเมินลักษณะปรากฏ, กลิ่น, รสชาติ, เนื้อสัมผัส และคะแนนรวมของผลิตภัณฑ์
4. ค่าใช้จ่ายในการอบแห้งปลาหมึกกล้วยของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

3.7 ศึกษาผลการใช้โปแตสเซียมซอร์เบทในกระบวนการผลิตปลาหมึกกล้วยแห้ง โดยตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบที่คัดเลือกแล้ว

ตัวแปรในการใช้โปแตสเซียมซอร์เบทในกระบวนการผลิตปลาหมึกกล้วยแห้งที่ศึกษาคือ ความเข้มข้นของสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทและเวลาที่ใช้แช่ปลาหมึกกล้วย

3.7.1 ทดลองหาความเข้มข้นของสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท และเวลาที่ใช้แช่ปลาหมึกกล้วยที่เหมาะสม

วิธีการทดลอง

เตรียมปลาหมึกกล้วยตามกรรมวิธีในหัวข้อ 3.5 จากนั้นแช่ปลาหมึกกล้วยในสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท (ปรับ pH 5.9 ด้วยกรดซิตริก) อัตราส่วนของปลาหมึกกล้วยต่อสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทเป็น 1 ต่อ 2 โดยน้ำหนัก และมีตัวแปรดังนี้

- ความเข้มข้นของสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท ในการทดลองใช้ความเข้มข้นร้อยละ 0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- เวลาที่ใช้แช่ปลาหมึกกล้วยในแต่ละความเข้มข้นของสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทในการทดลองใช้เวลา 1 นาที และ 5 นาที

ปล่อยให้ปลาหมึกกล้วยสะเด็ดน้ำ 15 นาที นำอบแห้งโดย Air dryer จนกระทั่งปลาหมึกกล้วยมีปริมาณความชื้นร้อยละ 18-22 จากนั้นนำปลาหมึกกล้วยแห้งที่ได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณโปแตสเซียมซอร์เบท (ในรูปกรดซอร์บิค) ที่เคลือบผิวปลาหมึกกล้วยแห้ง

3.7.2 ศึกษาผลการใช้โปแตสเซียมซอร์เบทในกระบวนการผลิตปลาหมึกกล้วยแห้งโดยตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบที่คัดเลือกแล้ว

วิธีการทดลอง

เตรียมปลาหมึกกล้วยตามกรรมวิธีในหัวข้อ 3.5 แล้วแบ่งปลาหมึกกล้วยออกเป็นสองส่วน ส่วนหนึ่งแช่ในสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท (pH 5.9) ที่มีความเข้มข้นของสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทและเวลาที่ใช้แช่ตามที่สรุปได้จากข้อ 3.7.1 และอัตราส่วนของปลาหมึกกล้วยต่อสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทเป็น 1ต่อ2 โดยน้ำหนัก ปล่อยให้สะเด็ดน้ำ 15 นาที จึงอบแห้งปลาหมึกกล้วยทั้ง 2 ส่วนโดยตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบที่คัดเลือกแล้วจนกระทั่งปลาหมึกกล้วยมีปริมาณความชื้นร้อยละ 18-22 ขณะอบแห้งทุก ๆ 2 ชั่วโมงจะบันทึกข้อมูลดังนี้

- วัดอุณหภูมิของอากาศภายในตู้อบแห้งและบริเวณที่ทำการทดลอง
- หาความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในตู้อบแห้งและบริเวณที่ทำการทดลอง
- วัดความเข้มพลังงานแสงอาทิตย์
- วัดอุณหภูมิของปลาหมึกกล้วย
- หาปริมาณความชื้นของปลาหมึกกล้วย
- หาอัตราการอบแห้งปลาหมึกกล้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลิตภัณฑ์ปลาหมึกกล้วยแห้งที่ได้จากการอบแห้ง จะบรรจุในภาชนะบรรจุที่ต้องการศึกษาซึ่งเป็นถุงพลาสติก 2 ชนิดคือ โพลีเอทธีลีน (low - density polyethylene) และโพลีโปรไพลีน (polypropylene) ขนาด 6 x 9 นิ้ว ความหนา 0.22 มิลลิเมตร และเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 4 เดือน

วิธีติดตามผล

ตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์เมื่อเริ่มเก็บและทุก ๆ 1 เดือน โดยทำดังนี้

1. ประเมินลักษณะปรากฏ, กลิ่น, รสชาติ, เนื้อสัมผัส และคะแนนรวมของผลิตภัณฑ์

2. หาปริมาณความชื้นโดยเครื่อง Infrared Moisture Meter

3. หาปริมาณเชื้อราตามวิธีของ Sharf (52) ในภาคผนวก ค

4. หาปริมาณโปแตสเซียมซอร์เบทตามวิธีของ Baldock et al. (53) ในภาคผนวก ค

5. หาปริมาณเกลือแกง (ตรวจสอบเมื่อเริ่มเก็บและหลังจากครบ 4 เดือน)

การทดลองในขั้นตอนนี้วางแผนการทดลองแบบแฟคตอเรียล (factorial design) ทดลองทั้งสิ้นรวม 2 ซ้ำ (51)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย