บทที่ 3
วัสดุ อุปกรณ์และวิธีทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 **หอมหัวใหญ่** (*Allium cepa* L. , White Onion)

แหล่งที่มา : ตลาดเมืองใหม่ , เชียงใหม่ (ภาคผนวก ก รูป ก 1)

คุณลักษณะ : มีเปลือกสีน้ำตาลหุ้ม เนื้อสีขาว ไม่มีรอยช้ำที่ผิวเนื้อ คอไม่เน่า ไม่งอก รูปทรงใกล้เคียงทรงกลม (Full Globe) หรือทรงสูง (Tall Glob) มากกว่าทรงแบน (Flat Globe) น้ำหนัก 150-200 g (ภาคผนวก ก รูป ก 2)

การเก็บรักษา : เก็บในถุง Polypropylene (ยูนิคอุตสาหกรรมพลาสติก, สมุทรปราการ) ปิดปากถุงและเก็บที่อุณหภูมิต่ำ (10±1°C)

3.1.2 **เกลือแกง** (ปรุงทิพย์,นครราชสีมา)

3.1.3 **น้ำกลั่น** (โพลสตาร์,เชียงใหม่)

3.1.4 **น้ำดื่ม** (โพลสตาร์,เชียงใหม่)

3.2 วัสดุ อุปกรณ์และวิธีทดลอง

3.2.1 การหาระดับความเข้มข้นของสารละลายเกลือแกงและเวลาที่เหมาะสมในการลดความชื้นของหอมหัวใหญ่

การเตรียมหอมหัวใหญ่

- แกะเปลือกสีน้ำตาลออก ล้างน้ำให้สะอาด แบ่งครึ่งผล ตัดเนื้อหอมหัวใหญ่ส่วนบนและล่างออกทิ้งไปประมาณ 1 cm ตัดหอมหัวใหญ่ส่วนที่เหลือเป็นวงให้มีความหนา 0.5 cm แกะหอมหัวใหญ่แต่ละวงออก ตัดให้เป็นทรงลูกบาศก์ที่มีขนาดประมาณ 0.5x0.5x0.5 cm เก็บใส่ถุง Polypropylene ปิดปากถุง

การเตรียมสารละลายเกลือแกง

- เตรียมสารละลายเกลือแกง 5%,7%,10%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ขั้นตอน

- เตรียมถ้วยพลาสติกขนาด 250 ml ให้เพียงพอกับระดับความเข้มข้นของสารละลายเกลือแกงและเวลาเก็บตัวอย่าง กำหนดให้การแช่หอมหัวใหญ่ในน้ำเก็บตัวอย่างทุก 1 ชั่วโมงจนครบ 9 ชั่วโมง ส่วนสารละลายเกลือแกง 5%,7%,10% เก็บตัวอย่างทุก 15 นาทีเป็นเวลา 2 ชั่วโมงหลังจากนั้นเก็บตัวอย่างทุก 1 ชั่วโมงจนครบ 9 ชั่วโมง
- ชั่งหอมหัวใหญ่หั่นลงในถ้วยพลาสติก 1 ส่วน (โดยน้ำหนัก, kg) และเติมสารละลายเกลือแกงในแต่ละระดับลงไป 5 ส่วน (โดยปริมาตร, Liters) (อัตราส่วนระหว่างหอมหัวใหญ่หั่นต่อสารละลายเกลือแกง คือ1:5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร, kg/ Liters) ที่อุณหภูมิห้อง ตั้งทิ้งไว้จนครบเวลาเก็บตัวอย่าง เทส่วนผสมทั้งหมดลงในตะแกรง ปล่อยสารละลายทิ้งไป เกลี่ยชิ้นหอมหัวใหญ่ให้ทั่วตะแกรงให้มีความหนาเท่ากัน สำหรับชิ้นหอมหัวใหญ่ที่ผ่านการแช่ด้วยสารละลายเกลือแกง 5%,7%,10% ใช้น้ำ 5 ส่วน (โดยปริมาตร) ล้างผ่านชิ้นหอมหัวใหญ่โดยเร็วเพื่อชะเอาเกลือแกงที่ผิวหน้าตัวอย่างออก ตั้งตัวอย่างทิ้งไว้ 10 นาที นำใส่ถุง Polypropylene ปิดปากถุง เก็บที่อุณหภูมิต่ำ (10±1°C) ก่อนนำตัวอย่างไปวิเคราะห์ดังนี้
- ค่า pH ของน้ำคั้นหอมหัวใหญ่ด้วย pH Meter (HANNA, Portugal)
- การย้อมสีเซลล์เยื่อหอมหัวใหญ่ด้วยสารละลาย 0.1% Neutral Red (http:// biology.csusb.edu/354Lab1010.doc.)
- ความชื้น (AOAC, 2000) ของตัวอย่างหอมหัวใหญ่สดและหอมหัวใหญ่ผ่านการแช่ด้วยน้ำและสารละลายเกลือแกง 5%,7%,10%
- ปริมาณเกลือแกง (Ranganna,1977)
- คำนวณค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของความชื้น (D_m) และเกลือแกง (D_s)
- วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม Excel และ SPSS เพื่อหาระดับความเข้มข้นและเวลาออสโมติกที่เหมาะสมเพื่อใช้ในตอน 3.2.2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2.2 การศึกษาผลของการออสโมติกต่อเวลาอบแห้งและคุณภาพหอมหัวใหญ่อบแห้ง

การอบแห้งหอมหัวใหญ่ด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด

การเตรียมหอมหัวใหญ่

- นำหอมหัวใหญ่สดหั่นขนาดประมาณ 0.5x0.5x0.5 cm มาเกลี่ยจนเต็มพื้นที่ถาดพื้นเรียบขนาด 11x25x1 cm ให้ตัวอย่างมีความสูง 1 ชั้น (ความหนาประมาณ 0.5 cm) และกำหนด

ให้อัตราส่วนของน้ำหนักหอมหัวใหญ่ต่อหน่วยพื้นที่คือ 4.5 kg/m^2 กรณีหอมหัวใหญ่ที่ผ่านการออสโมติกให้ใช้สภาวะที่เหมาะสมจากตอน 3.1.1

เครื่องอบแห้ง

- ชุดสาธิตการอบแห้งแบบถาด (Pilot Scale Tray Dryer, Armfield, England) (ภาคผนวก ก รูป ก 3)

สภาวะการอบแห้ง

- อุณหภูมิอากาศ 60±2°C
- ความเร็วอากาศที่ระดับต่ำสุดวัดโดย Anemometer (DIGICON D7 1229) 0.2-0.3 m/s
- อบแห้งหอมหัวใหญ่ให้มีระดับความชื้นต่ำกว่า10% (w.b.)

การบันทึกข้อมูลระหว่างอบแห้ง

- น้ำหนักหอมหัวใหญ่ที่ลดลงติดตามได้จากเครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 1 ตำแหน่ง (Petti Balance MK-3000E, Japan) อ่านค่าน้ำหนักทุก 5 นาทีเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทุก 10 นาทีเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทุก 15 นาทีเป็นเวลา 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นอ่านน้ำหนักทุก 30 นาที
- วัดอุณหภูมิกระเปาะแห้งและกระเปาะเปียกของสภาวะแวดล้อม อากาศร้อนขาเข้าและออกจากเครื่องอบแห้ง
- ความชื้นสัมพัทธ์สภาวะแวดล้อม อากาศร้อนเข้าและออกจากเครื่องอบแห้ง วัดโดยเครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ (DIGICON D7 1229)

การเก็บหอมหัวใหญ่อบแห้ง

- เก็บหอมหัวใหญ่อบแห้งไว้ในถุง Aluminium Foil ปิดปากถุงให้สนิทด้วยเครื่องปิดผนึก (Seamer) (A. MASTER NUM CHAROEN, Thailand) และเก็บที่อุณหภูมิต่ำ (10±1°C) ก่อนนำไปวิเคราะห์

การอบแห้งหอมหัวใหญ่ด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

การเตรียมตัวอย่างหอมหัวใหญ่

- นำหอมหัวใหญ่สดหั่นขนาดประมาณ 0.5x0.5x0.5 cm มาเกลี่ยจนเต็มพื้นที่ผ้าขาวบางให้ตัวอย่างมีความสูง 1 ชั้น (ความหนาประมาณ 0.5 cm) และกำหนดให้อัตราส่วนของน้ำหนักหอมหัวใหญ่หั่นต่อหน่วยพื้นที่คือ 4.5 kg/m^2 ใช้ส่วนอบแห้งในหน่วยที่ 1 ที่ติดกับพื้นที่รับรังสีอาทิตย์มากที่สุด กรณีหอมหัวใหญ่ที่ผ่านการออสโมติกให้ใช้สภาวะที่เหมาะสมจากตอน 3.1.1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เครื่องอบแห้ง

- เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ (Solar Tunnel Dryer, Hohenheim D71229, Germany) (ภาคผนวก ก รูป ก 4)

สภาวะการอบแห้ง

- เวลาอบแห้ง 9.00–16.00 นาฬิกาในวันที่1 และ 9.00-17.00 นาฬิกาในวันที่ 2
- เดือนที่อบแห้ง มกราคม-เมษายน 2547 ในวันที่ท้องฟ้าโปร่ง
- อบแห้งหอมหัวใหญ่ให้มีระดับความชื้นต่ำกว่า 10% (w.b.)
- ความเร็วอากาศ วัดโดย Anemometer 0-0.3 m/s
- คลุมตาข่ายพลาสติก 2 ชั้น วางบนแผ่นพลาสติกเหนือหอมหัวใหญ่เพื่อกันการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้มหรือไหม้เมื่อรังสีอาทิตย์ตกกระทบโดยตรงกับหอมหัวใหญ่ระหว่างอบแห้ง

การบันทึกข้อมูลระหว่างอบแห้ง

- น้ำหนักหอมหัวใหญ่ที่ลดลงติดตามได้จากการนำหอมหัวใหญ่ออกมาชั่งด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 1 ตำแหน่งทุก 15 นาทีเป็นเวลา 5 ชั่วโมง หลังจากนั้นชั่งทุก 30 นาที
- วัดอุณหภูมิกระเปาะแห้งและกระเปาะเปียกของสภาวะแวดล้อม อากาศร้อนเข้าส่วนให้ความร้อนและส่วนอบแห้ง อากาศร้อนออกส่วนให้ความร้อนและส่วนอบแห้ง วัดที่ตำแหน่งจุดกลางเครื่องอบแห้ง สูงจากแผงรับรังสีอาทิตย์และพื้นที่อบแห้ง 2.5 cm
- ความชื้นสัมพัทธ์สภาวะแวดล้อม อากาศร้อนเข้าส่วนให้ความร้อนและส่วนอบแห้ง อากาศร้อนออกส่วนให้ความร้อนและส่วนอบแห้งวัดโดยเครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ (DIGICON D7 1229)

การเก็บตัวอย่าง

- ในวันที่ 1 เก็บตัวอย่างไว้ในถุง Polypropylene ปิดปากถุง เก็บที่อุณหภูมิต่ำ (10±1°C) เพื่อนำไปอบแห้งต่อในวันที่ 2 ส่วนวันที่ 2 เก็บตัวอย่างไว้ในถุง Aluminium Foil ปิดปากถุงให้สนิท และเก็บที่อุณหภูมิต่ำ (10±1°C) ก่อนนำไปวิเคราะห์คุณภาพของหอมหัวใหญ่สดและอบแห้งดังนี้
- คำนวณเปอร์เซ็นต์ปริมาณผลผลิต
- ค่า Bulk Density (http://www.wisc.edu/foodsci/courses/fs)
- คำนวณค่า Bulk Shrinkage Coefficient (s_b) (Torringa et al., 2001)
- คำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ความพรุนรวม (Total Porosity ,ε_{tot})

  (Rapusas and Driscoll,1995 b)
- ค่า a_w ด้วยเครื่องวัด a_w (AQUA Lab Series 3 , U.S.A.)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- ค่าสี ด้วยเครื่องวัดสี (MINOLTA 300, Japan)
- ค่าของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำของน้ำคั้นหอมหัวใหญ่สด (Total soluble Solids,°Brix) ด้วย Hand Refractometer (ATAGO, Japan)
- ความชื้น (AOAC,2000)
- ปริมาณเกลือแกง (Ranganna, 1977)
- การคืนรูป (Rehydration Test) (Ranganna, 1986)
- ปริมาณ Pyruvic Acid (ดัดแปลงจาก Ketter and Randle, 1998)
- วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม Excel และ SPSS เลือกวิธีอบแห้งที่เหมาะสมเพื่อใช้ในตอน 3.2.3 , 3.2.4 และวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของหอมหัวใหญ่อบแห้งด้วยวิธีที่เหมาะสม เปรียบเทียบกับหอมหัวใหญ่สดด้วยการวิเคราะห์ดังนี้
- โปรตีนในรูปไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen) (AOAC,2000)
- ไขมันทั้งหมด (Total Lipid) (AOAC,2000)
- เถ้าทั้งหมด (Total Ash) (AOAC,2000)
- เส้นใยทั้งหมด (Total Crude Fiber) (Pearson,1991)
- Reducing Sugar (Lane and Eynon Method) (AOAC,2000)
- คำนวณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (Total Carbohydrate)(AOAC,2000)
- คำนวณค่าพลังงานความร้อน (AOAC,2000)

3.2.3 การศึกษา Sorption Isotherms หอมหัวใหญ่ที่อุณหภูมิต่ำและอุณหภูมิห้อง

การสร้าง Sorption Isotherms ด้วยวิธี Gravimetric Method เป็นการหาสภาวะที่อาหารมีความชื้นสมดุลกับสภาวะของระบบที่สร้างจากสารละลายเกลืออิ่มตัวชนิดต่างๆ ความชื้นสมดุลของอาหารวัดจากเวลาที่อาหารอยู่ในระบบและผลต่างของน้ำหนักจากการชั่ง 2 ครั้งแตกต่างกันไม่เกิน 0.001 g

การเตรียมตัวอย่าง

- หอมหัวใหญ่สดและอบแห้งที่เลือกจากตอน 3.2.1 และ 3.2.2 ผ่านการวิเคราะห์ความชื้นเริ่มต้นเพื่อหา Desorption และ Adsorption Isotherms ตามลำดับ

การเตรียมสารละลายเกลืออิ่มตัว (Saturated Salt Solutions)

(Ayranci *et al.*, 1990; Labuza, 2003)

เลือกใช้เกลือทั้งหมด 10 ชนิดเพื่อสร้างสภาวะความชื้นสัมพัทธ์สมดุล ได้แก่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

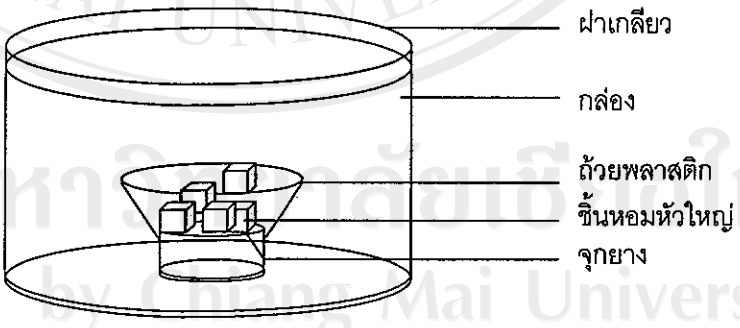
LiCl	(Fluka, Switzerland)	CH_3COOK	(MERCK, Germany)
$MgCl_2$	(MERCK, Germany)	K_2CO_3	(MERCK, Germany)
$MgNO_3$	(Fluka, Switzerland)	KI	(UNIVAR APS Finechem, Australia)
NaCl	(MERCK, Germany)	$(NH_3)_2SO_4$	(MERCK, Germany)
KNO_3	(Fluka, Switzerland)	K_2SO_4	(MERCK, Germany)

ขั้นตอน

- เติมน้ำกลั่นลงใน Beaker ปริมาตรประมาณ 30 ml (ใช้น้ำกลั่นปริมาตรน้อย)
- เติมเกลือแต่ละชนิดลงไปในน้ำกลั่นทีละน้อย ใช้แท่งแก้วคนกระทั่งผลึกเกลือปริมาณที่เติมครึ่งหนึ่งที่มากเกินพอไม่สามารถละลายน้ำกลั่นได้ ตั้งสารละลายทิ้งไว้ 20 นาทีเพื่อลดการเปลี่ยนแปลงความร้อนที่เกิดจากการละลายของเกลือ กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No 4.(Germany) เอาเกลือที่มากเกินพอออก เก็บสารละลายเกลือไว้ในขวดพลาสติกและนำสารละลายเกลืออิ่มตัวไปวัดค่า a_w และนำค่า a_w ของสารละลายเกลืออิ่มตัวที่วัดได้มาคำนวณหาค่าความชื้นสัมพัทธ์สมดุล (ERH) โดยใช้ สมการ 2.12 และ 2.13

การเตรียมภาชนะสร้าง Sorption Isotherms

- เตรียมกล่องพลาสติกที่มีฝาปิดผนึกชนิดเกลียว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 cm สูง 4 cm ที่ล้างสะอาด ทิ้งไว้ให้แห้งเพื่อกันการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรก เช็ดภายในด้วย 70% C_2H_5OH
- ใช้กาววิทยาศาสตร์ (UHU,Germany) ทาจุกยางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง1.8 cm สูง 1 cm แล้ววางลงตรงกลางกล่องพลาสติก ผนึกให้แน่น ดังแสดงในรูป 3.1



รูป 3.1 แบบจำลองอุปกรณ์การสร้าง Sorption Isotherm

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การสร้าง Sorption Isotherms

- ชั่งหอมหัวใหญ่ (หอมหัวใหญ่สดน้ำหนักประมาณ 3 g และ หอมหัวใหญ่อบแห้งน้ำหนักประมาณ 0.3 g) ใส่ลงในถ้วยพลาสติก (บริษัทดิสแพ็ค,สมุทรปราการ) ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 cm สูง 1.5 cm เกลี่ยหอมหัวใหญ่ให้กระจายทั่วพื้นถ้วยพลาสติกเท่ากัน
- เติมสารละลายเกลืออิ่มตัวลงไปในกล่องพลาสติกให้มีความสูง 0.5 cm จากพื้นกล่อง
- วางถ้วยพลาสติกที่บรรจุหอมหัวใหญ่ลงบนจุกยางที่อยู่ในกล่องพลาสติกปิดฝากล่อง อย่าให้ถ้วยพลาสติกที่มีหอมหัวใหญ่คว่ำหรือให้สารละลายเกลือกระฉอกใส่ตัวอย่างในถ้วยพลาสติก
- นำหอมหัวใหญ่ไปเก็บที่อุณหภูมิต่ำ (10±1°C) และวางที่อุณหภูมิห้อง ตั้งหอมหัวใหญ่ทิ้งไว้โดยที่อุณหภูมิห้องทิ้งไว้ 1 อาทิตย์ ส่วนที่อุณหภูมิต่ำทิ้งไว้ 3 อาทิตย์ ครบกำหนดให้เปิดฝาภาชนะนำหอมหัวใหญ่และถ้วยพลาสติกมาชั่งน้ำหนักครั้งที่ 1 ชั่งแต่ละภาชนะบรรจุหอมหัวใหญ่ให้เสร็จภายใน 30 วินาที ขณะชั่งให้ปิดฝากล่องพลาสติกไว้เพื่อไม่ให้ความชื้นสัมพัทธ์ของระบบคลาดเคลื่อน ชั่งหอมหัวใหญ่แล้วนำกลับมาใส่ในภาชนะใบเดิมอีกครั้งและทิ้งไว้อีก 1 วัน นำตัวอย่างมาชั่งครั้งที่ 2 หากค่าน้ำหนักจากการชั่งทั้ง 2 ครั้งต่างกันไม่เกิน 0.001 g ถือว่าระบบเข้าสมดุล หากค่าน้ำหนักจากการชั่งต่างกันเกิน 0.001 g นำกลับมาใส่ในภาชนะใบเดิมอีกครั้งและทิ้งไว้อีก 1 วัน ชั่งจนน้ำหนักจากการชั่ง 2 ครั้งติดกันต่างกันไม่เกิน 0.001 g
- นำหอมหัวใหญ่ที่เข้าสมดุลมาหาความชื้นและค่าความชื้นนี้เป็นความชื้นหอมหัวใหญ่ที่เข้าสมดุล

3.2.4 การศึกษาผลของชนิดบรรจุภัณฑ์และอุณหภูมิที่มีต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมีและจุลินทรีย์ของหอมหัวใหญ่อบแห้งที่เก็บรักษาในเวลา 3 เดือน

กำหนดชนิดของบรรจุภัณฑ์และอุณหภูมิเก็บรักษา (ภาคผนวก ก รูป ก 6) ดังต่อไปนี้

ชนิดของบรรจุภัณฑ์

- ถุง Polypropylene ขนาด 8x11.5 cm
- ถุง Aluminium Foil ขนาด 8x11.5 cm
- กล่องกระดาษลูกฟูก 1 ชั้น (Single wall) ขนาด 15x25x18 cm หนา 0.3 cm

อุณหภูมิและสภาวะเก็บรักษา

- อุณหภูมิต่ำ (10±1°C) ที่ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 35%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- อุณหภูมิห้องในที่มืดและแห้ง

วิธีบรรจุ

- นำหอมหัวใหญ่อบแห้งที่เลือกจากตอน 3.2.2 มาบรรจุในบรรจุภัณฑ์ ชั่งประมาณ 30 g ใส่ลงในถุง แล้วปิดด้วยเครื่องผนึก กรณีหอมหัวใหญ่ที่บรรจุถุง Polypropylene ให้เก็บในกล่องกระดาษลูกฟูก ปิดฝากล่องให้สนิท แยกตัวอย่างทั้ง 2 ชนิดไปเก็บที่อุณหภูมิต่ำและอุณหภูมิห้อง นำตัวอย่างไปวิเคราะห์ดังนี้

- ความชื้น, ค่า a_w, ค่าสีและปริมาณ Pyruvic Acid ตรวจเมื่อเริ่มเก็บและทุกครึ่งเดือนจนครบ 3 เดือน

- ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา (เรณู, 2537) ตรวจเมื่อเริ่มเก็บและเดือนที่ 3

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved